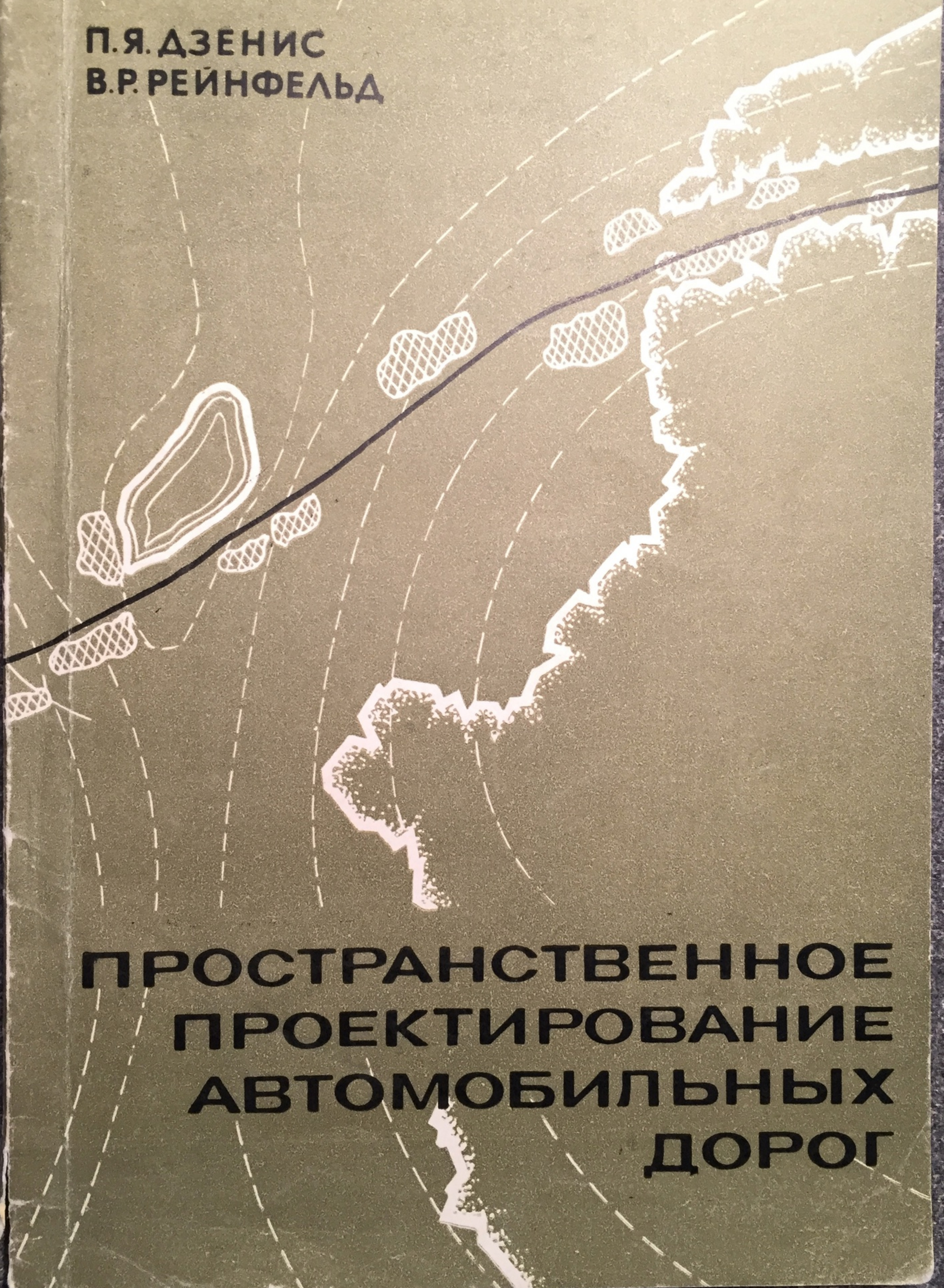


**П.Я.ДЗЕНИС  
В.Р.РЕЙНФЕЛЬД**

**ПРОСТРАНСТВЕННОЕ  
ПРОЕКТИРОВАНИЕ  
АВТОМОБИЛЬНЫХ  
ДОРОГ**





П. Я. ДЗЕР  
В. Р. РЕЙН

ПРОСТРАНСТВО  
ПРОСТРАНСТВО  
ПРОСТРАНСТВО  
ПРОСТ.



ИЗДАТЕЛЬСТВО  
Москва 1968



П. Я. ДЗЕНИС,  
В. Р. РЕЙНФЕЛЬД

# ПРОСТРАНСТВЕННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ



ИЗДАТЕЛЬСТВО «ТРАНСПОРТ»  
Москва 1968

104



**Пространственное проектирование автомобильных дорог.**  
Дзенис П. Я., Рейнфельд В. Р., Изд-во Транспорт», 1968 г.,  
стр. 1—112.

В брошюре изложен опыт пространственного проектирования дорог и дорожных сооружений в единстве с ландшафтом.

Рассмотрены элементы трассы, их типичные сочетания и дана оценка их оптических свойств.

Детально изложены условия и приведены табличные данные, обеспечивающие пространственную плавность трассы. Даны примеры применения переходных кривых и метод проектирования отгонов виражей с учетом обеспечения оптической плавности дороги.

Освещен опыт проектирования пересечений дорог, благоустройства и озеленения с учетом ландшафта и требований безопасности движения. Рассмотрена методика, рациональные приемы и примеры пространственного проектирования.

Брошюра рассчитана на инженеров и техников-дорожников, а также может быть полезна для студентов вузов.

Таблиц 6, иллюстраций 88, библиографий 34.



## ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие . . . . .	3
<b>Глава 1. Трасса дороги . . . . .</b>	<b>5</b>
§ 1. Типичные сочетания элементов плана и профиля . . . . .	5
§ 2. Элементы трассы . . . . .	11
<b>Глава 2. Пространственное проектирование трассы дороги . . . . .</b>	<b>16</b>
§ 3. Основные требования к трассе автомобильных дорог . . . . .	16
§ 4. Соотношения элементов трассы . . . . .	17
§ 5. Сопряжение смежных элементов трассы . . . . .	20
§ 6. Сочетание элементов плана и профиля трассы . . . . .	25
§ 7. Улучшение несовершенных сочетаний кривых плана и профиля . . . . .	38
§ 8. Применение переходных кривых . . . . .	42
§ 9. Проектирование отгонов виражей с учетом оптической плавности . . . . .	44
<b>Глава 3. Дорога и ландшафт . . . . .</b>	<b>51</b>
§ 10. Вписывание дороги в ландшафт . . . . .	51
§ 11. Увязка земляного полотна с рельефом . . . . .	58
§ 12. Архитектурное формирование дорожной полосы . . . . .	61
<b>Глава 4. Проектирование благоустройства дороги . . . . .</b>	<b>65</b>
§ 13. Пересечения и примыкания . . . . .	65
§ 14. Автобусные остановки и автопавильоны . . . . .	69
§ 15. Места отдыха . . . . .	76
§ 16. Дорожные устройства . . . . .	80
§ 17. Дорожные насаждения . . . . .	83
<b>Глава 5. Методика пространственного проектирования . . . . .</b>	<b>92</b>
§ 18. Методика изыскательских и проектных работ . . . . .	92
§ 19. Методы оптического анализа проектных решений . . . . .	101
§ 20. Построение перспективных изображений дороги . . . . .	103
Литература . . . . .	109



## ПРЕДИСЛОВИЕ

Важным фактором, способствующим повышению производительности транспорта и улучшению условий работы водителей, является обеспечение приятного и безопасного проезда по дорогам. Но многие участки дорог не соответствуют требованиям безопасного скоростного движения. Часто встречаются участки, имеющие вид острых переломов, провалов и других оптических искажений в перспективе, а также участки, грубо прорезающие окружающий ландшафт. Отдельные эстетически удачные участки, получившиеся при проектировании случайно, встречаются сравнительно редко.

В задачу пространственного проектирования входят сознательное архитектурное формирование самой дороги и вписывание ее в ландшафт с использованием зеленых насаждений и элементов благоустройства. Цель пространственного проектирования заключается в создании условий для безопасного скоростного движения и удовлетворении эстетических требований.

До сих пор пространственное проектирование (по примеру зарубежных стран) базируется в основном на эмпирических правилах трассирования и использовании методов начертательной геометрии, что связано с вычерчиванием перспективных изображений для проверки и улучшения пространственной плавности дороги. Это требует дополнительных трудовых затрат, специальной подготовки и навыков проектировщиков, поэтому широкое внедрение принципов пространственного проектирования задерживается.

Пространственно плавная дорога, вписанная в ландшафт, обеспечивает постоянный или плавно переменный режим движения, способствует работоспособности водителей и создает хорошее настроение у всех проезжающих. Красота дороги, придорожной полосы и зоны имеет важное значение в эстетическом и культурном воспитании трудящихся.

В главах 3, 4 и 5 в основном излагается опыт проектного института Латгипродортранса (раньше Латдоравтопроект) и все рекомендации, приводимые авторами, относятся к ландшафтам, типичным для Латвии.



Главы 1, 2 и 5 написаны инж. П. Я. Дзенисом и отражают результаты исследований, а также опыт работы в Латдоравтопроекте. Глава 4 написана арх. В. Р. Рейнфельд и отражает опыт проектирования благоустройства дороги. Глава 3 написана авторами совместно.

Авторы приносят благодарность проф. В. Ф. Бабкову и доц. Н. П. Орнатскому за ряд ценных замечаний и рекомендаций при подготовке рукописи к изданию и инженерам Латгипродортранса В. В. Виганту и В. А. Васулису за помощь при подготовке рукописи и иллюстративного материала.

§ 1.

Еще  
выбрати  
место и  
По рас  
скания  
Дальне  
ние пр  
для пл  
ствующ  
При  
торых  
связь,  
плана  
ностью  
образу  
В дал  
всевозм  
В с  
привод  
профи  
вая в  
ское  
скорос  
на рас  
чается  
несмот  
прилож  
Кри  
(рис. 2  
негарм  
требует



## ТРАССА ДОРОГИ

## § 1. ТИПИЧНЫЕ СОЧЕТАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ПЛАНА И ПРОФИЛЯ

Еще недавно задача проектировщика состояла в том, чтобы выбрать целеустремленное направление прямых, определить место и величину углов поворота и назначить радиусы кривых. По распространенной технологии проектирования полевые изыскания определяли только одну проекцию трассы — план. Дальнейшее камеральное проектирование определяло положение проектной линии в продольном профиле. Так отдельно для плана и профиля добились хороших показателей, соответствующих техническим условиям.

При ознакомлении с проектами дорог, план и профиль которых запроектированы отдельно, несмотря на их взаимную связь, бросается в глаза несогласованность размеров элементов плана и профиля. Связи с различными количеством, протяженностью и степенью смещенности элементов плана и профиля образуются при разных их сочетаниях (комбинациях).

В дальнейшем под понятием «сочетание» подразумеваются всевозможные комбинации элементов плана и профиля трассы.

В следующих перспективных изображениях (рисунки 1—8) приводятся типичные сочетания кривых плана с кривыми в профиле, встречаемые на дорогах. Короткая вертикальная кривая в пределах кривой в плане создает в перспективе оптическое впечатление «просадки» проезжей части (рис. 1). При скорости движения 100 км/ч взгляд водителя концентрируется на расстоянии 500 м впереди автомобиля. Если на пути встречается крутой поворот, вполне вероятно и снижение скорости, несмотря на то, что элементы плана и профиля (как видно из приложенных схем) такую скорость обеспечивают.

Кривая в плане значительно короче вертикальной кривой (рис. 2), поэтому дорога в перспективе получает беспокойный, негармоничный вид. Для проезда такого участка от водителя требуется большая напряженность.



Даже незначительная несогласованность размеров кривых при смещении их начал (свыше 20 м) приводит к эффектам просадки и резкого излома дороги (рис. 3).

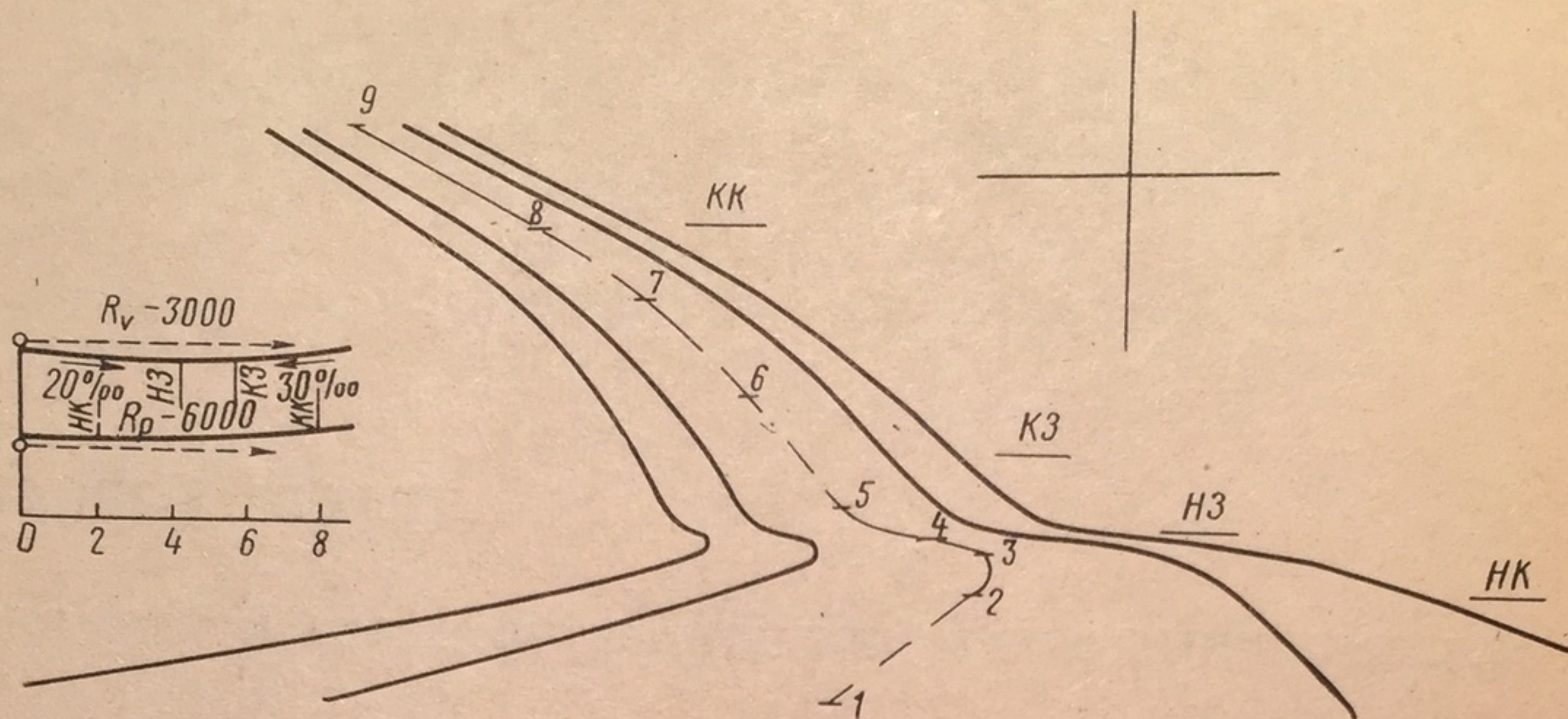


Рис. 1. Кривая в плане перекрывает вертикальное закругление. НК, КК — начало и конец круговой кривой; НЗ, КЗ — начало и конец вертикальной кривой

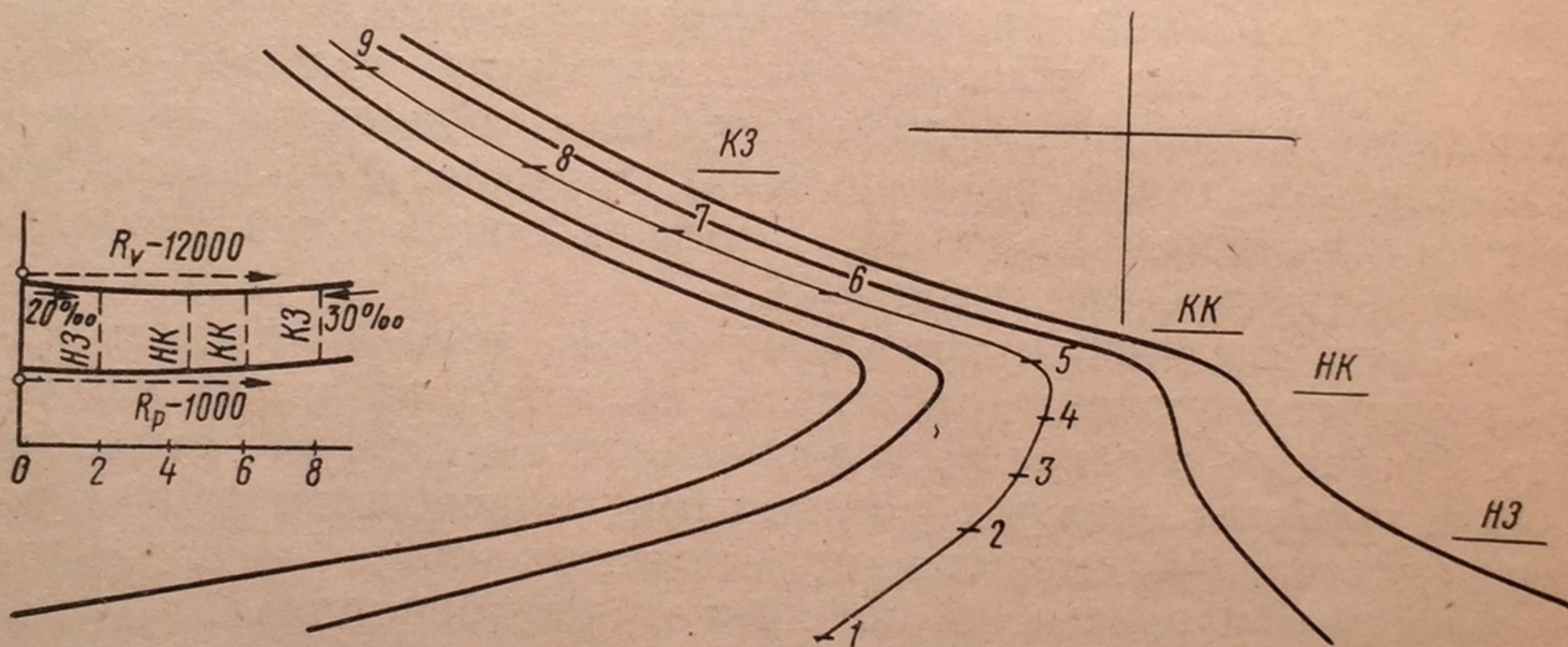


Рис. 2. Кривая в плане размещена в пределах вертикального закругления

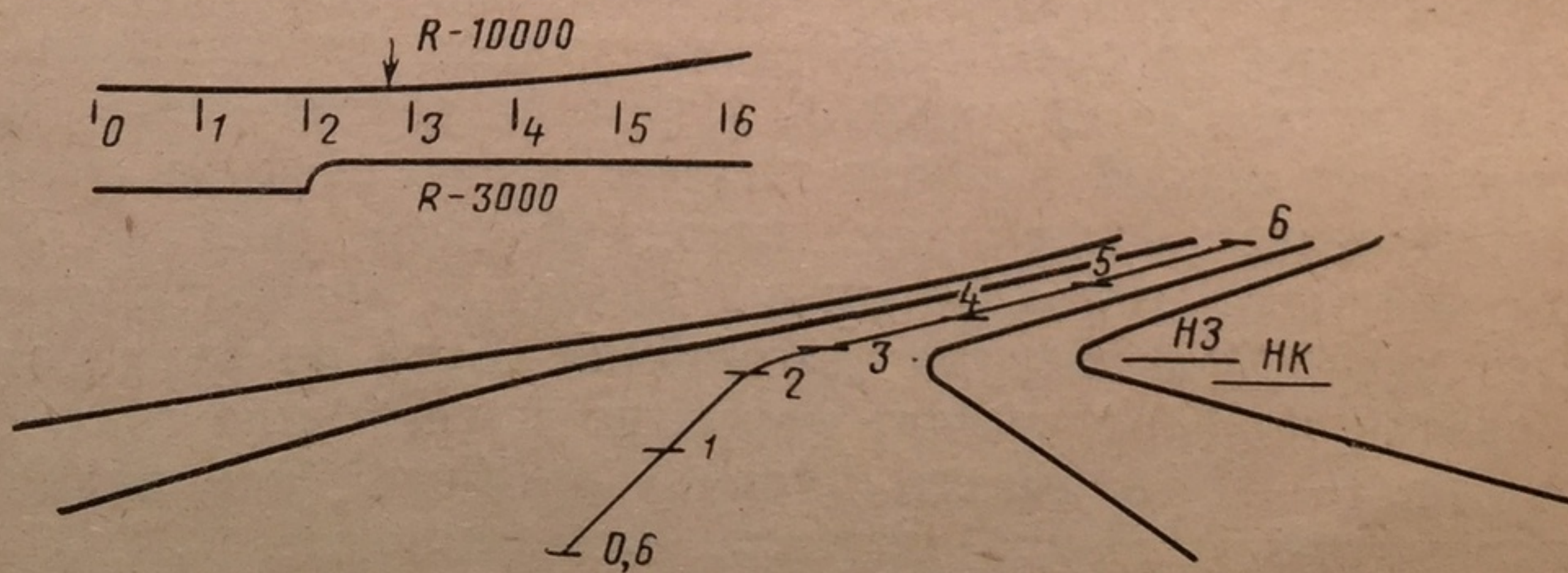


Рис. 3. Незначительная несогласованность начал кривых в плане и профиле



Если вертикальная кривая немного перекрывает кривую в плане, создается впечатление отгона виража, которого в данном примере в действительности нет (рис. 4).

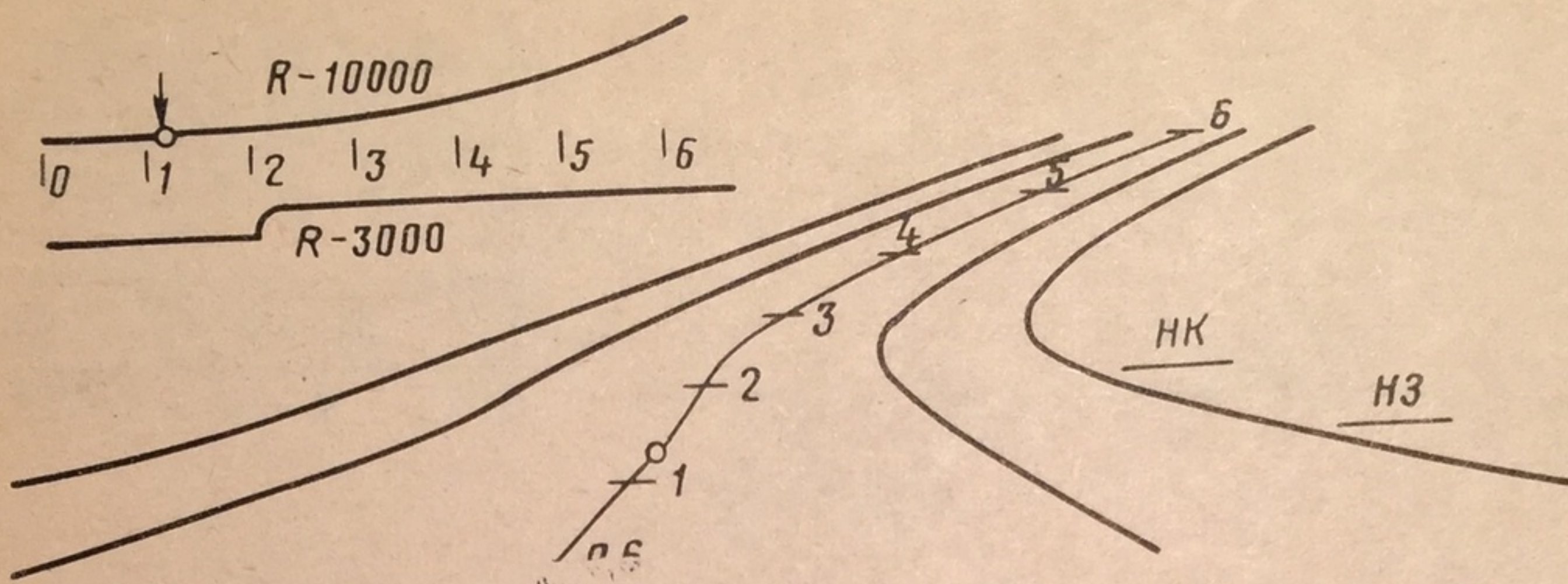


Рис. 4. Вертикальное закругление начинается перед началом кривой в плане

Наиболее распространены смещенные сочетания кривых плана и профиля (рис. 5). Смещение элементов плана и профиля часто является причиной иллюзии обратной искривленности, просадок или сужений отдельных участков дороги.

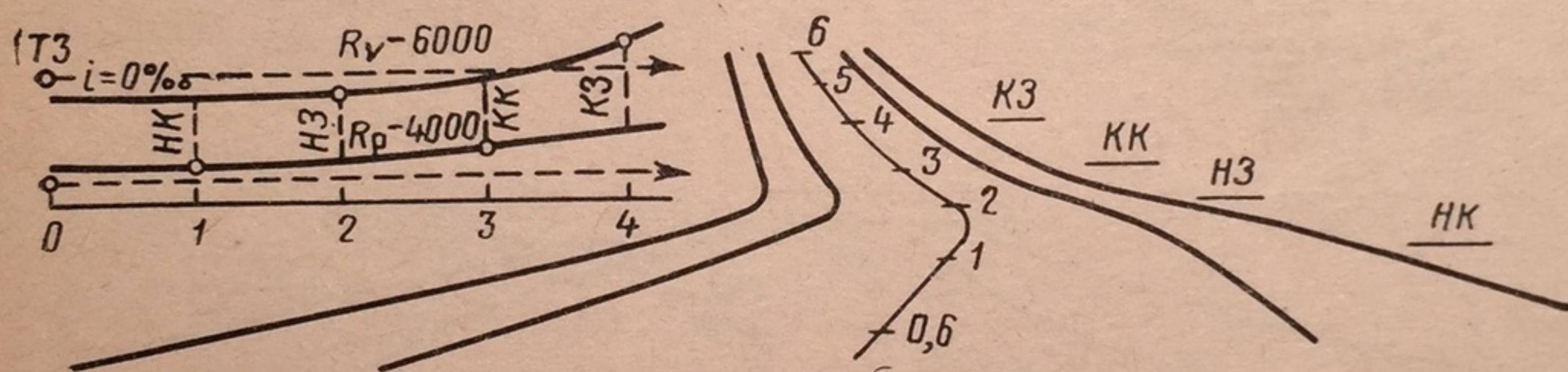


Рис. 5. Смещенное сочетание кривой в плане с вертикальной кривой

При сочетании кривой в плане с волнообразным профилем дорога имеет особенно неясный вид (рис. 6). Поскольку в пределах волнообразного профиля скорости движения не могут быть постоянными, а уклон виража проектируется постоянным в зависимости от радиуса, то участок дороги на волнообразной кривой часто оказывается не приспособленным для фактически возможных скоростей движения.

Прямая вставка короче 200 м между односторонними переходными кривыми и короче 300 м между круговыми кривыми нарушает плавность участка (рис. 7). Прямая вставка короче 300 м между обратными кривыми плавность трассы не нарушает (рис. 8).

Анализ типичных перспектив дорог (см. рисунки 1—8) показывает, что оптические искажения в виде провалов, волнистости, кажущихся отгонов виражей, острых изломов делают дорогу неплавной. Признано, что иллюзионные представления



о дороге являются причинами, повышающими степень опасности скоростного движения. В противоположность сказанному приведенные на рис. 9 а, б, в) сочетания кривых (рис. 9 а, б, в)

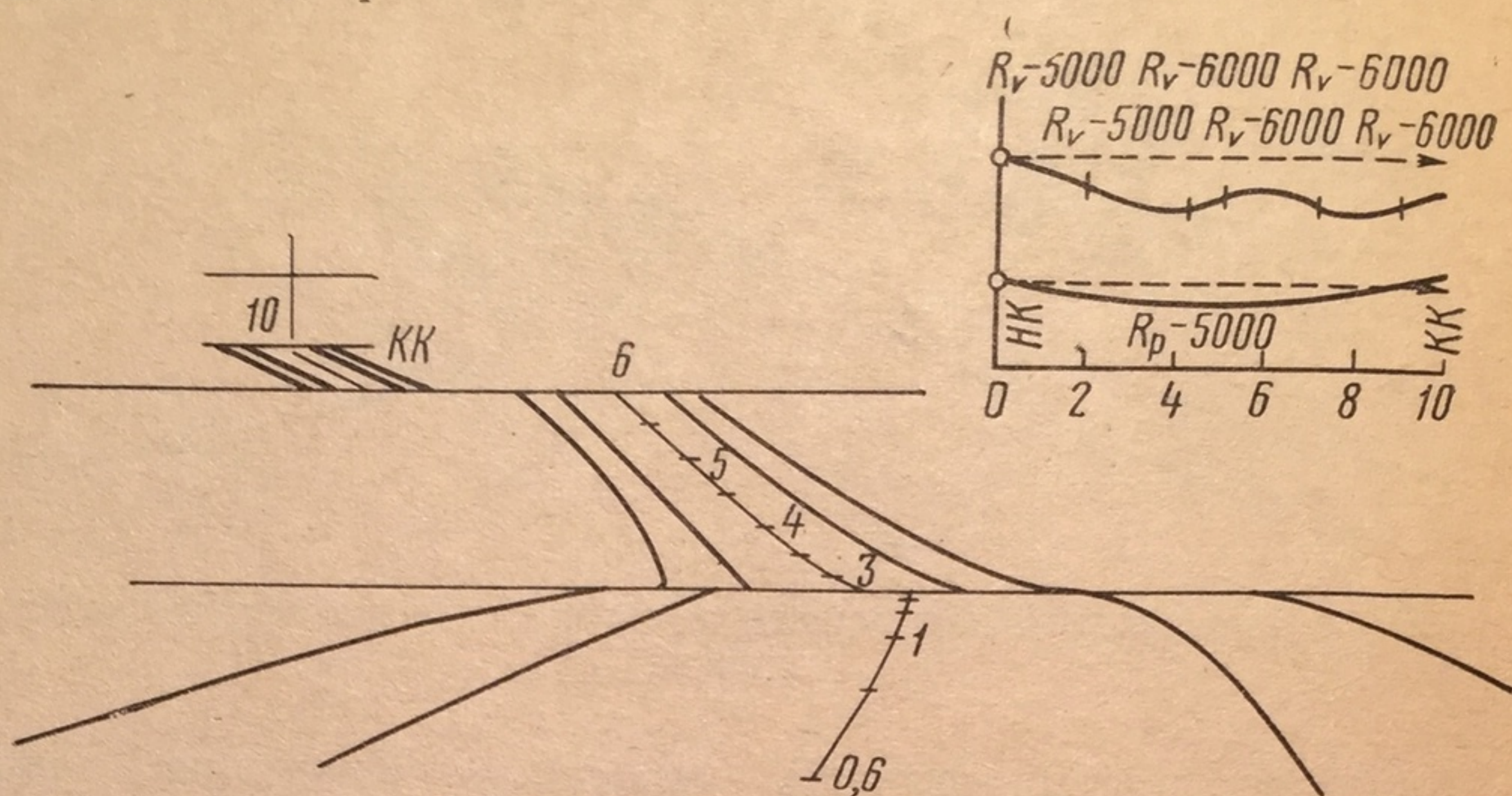


Рис. 6. Волнообразная кривая

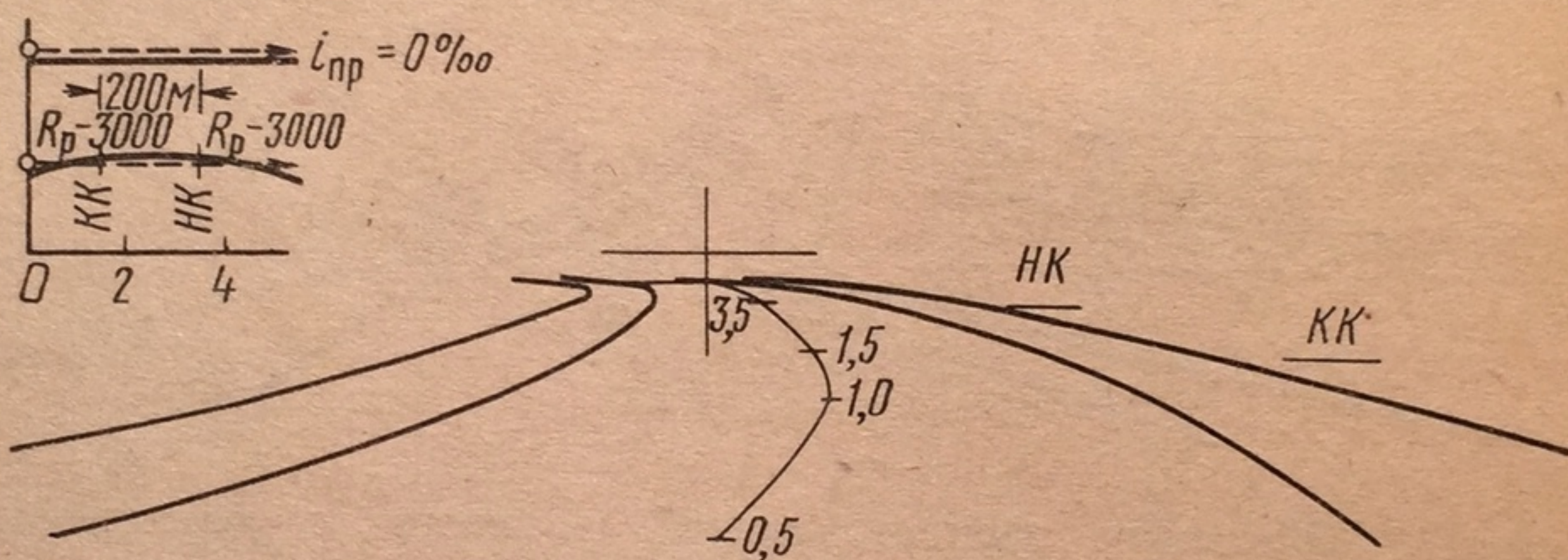


Рис. 7. Короткая прямая между односторонними кривыми в плане

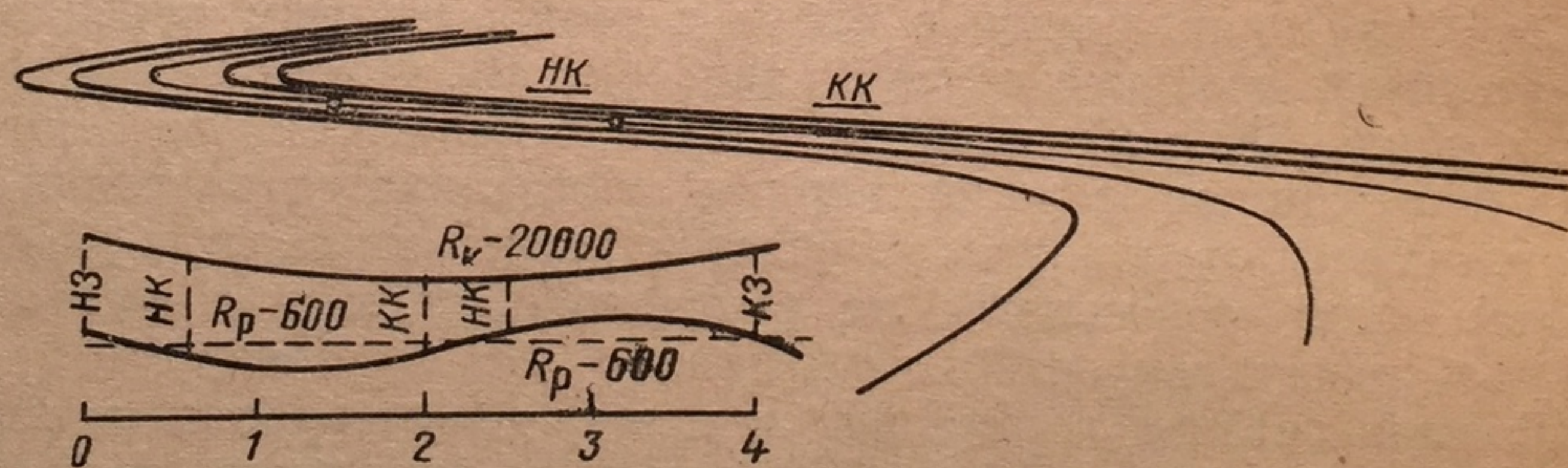


Рис. 8. Короткая прямая между обратными кривыми

плана и профиля отличаются оптической ясностью, которая достигнута благодаря совершенному сочетанию начальных и конечных точек кривых.

Если в перспективе повороты дороги раскрываются без оптических искажений, начинаются постепенно и являются до-



статочны пологими при взгляде из любой точки, то при езде возможно плавное, ненапряженное их проследование глазами. Такую дорогу в практике проектирования называют оптически плавной.

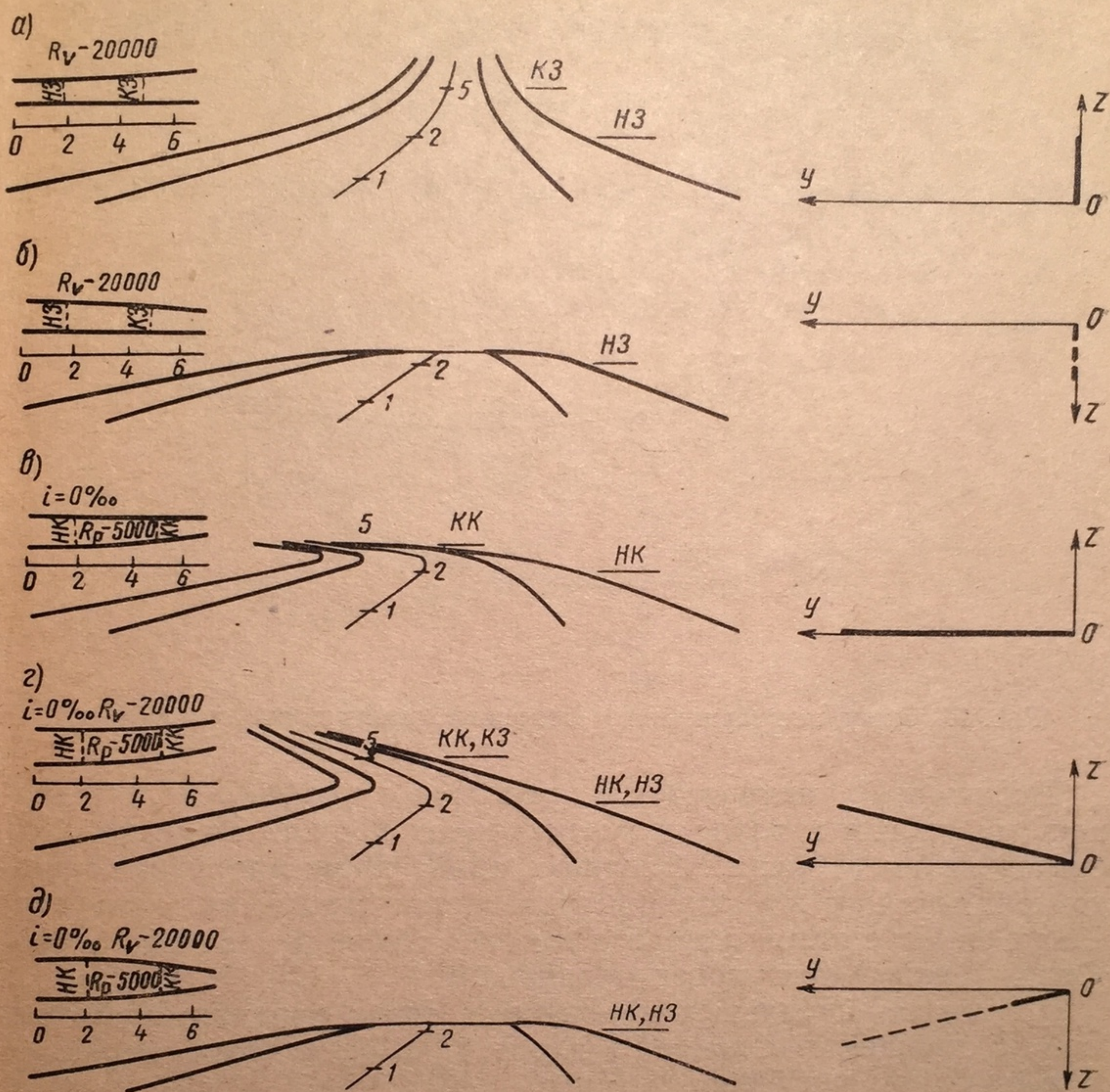


Рис. 9. Перспективы криволинейных элементов трассы:  
 а — плоская вогнутая кривая; б — плоская выпуклая кривая; в — горизонтальная кривая; г — вогнутая кривая; д — выпуклая кривая

Оптическая плавность сочетаний кривых плана и профиля в основном зависит от соотношения длин и радиусов, а также от величин смещения их начал или концов.

Характеристиками простых сочетаний кривых плана и профиля могут быть асимметричность, относительная протяженность вертикальной кривой, смещение их начал и соотношение радиусов.



Асимметричность сочетаний можно характеризовать показателем асимметрии (рис. 10)

$$k_a = \frac{\delta_n}{S_p}, \quad (1)$$

а относительную протяженность вертикальной кривой

$$k_s = \frac{S_v}{S_p}, \quad (2)$$

где  $\delta_n$  — смещение угла поворота по отношению к вертикальному перелому, м;

$S_p$  — длина кривой в плане, м;

$S_v$  — длина вертикальной кривой, м.

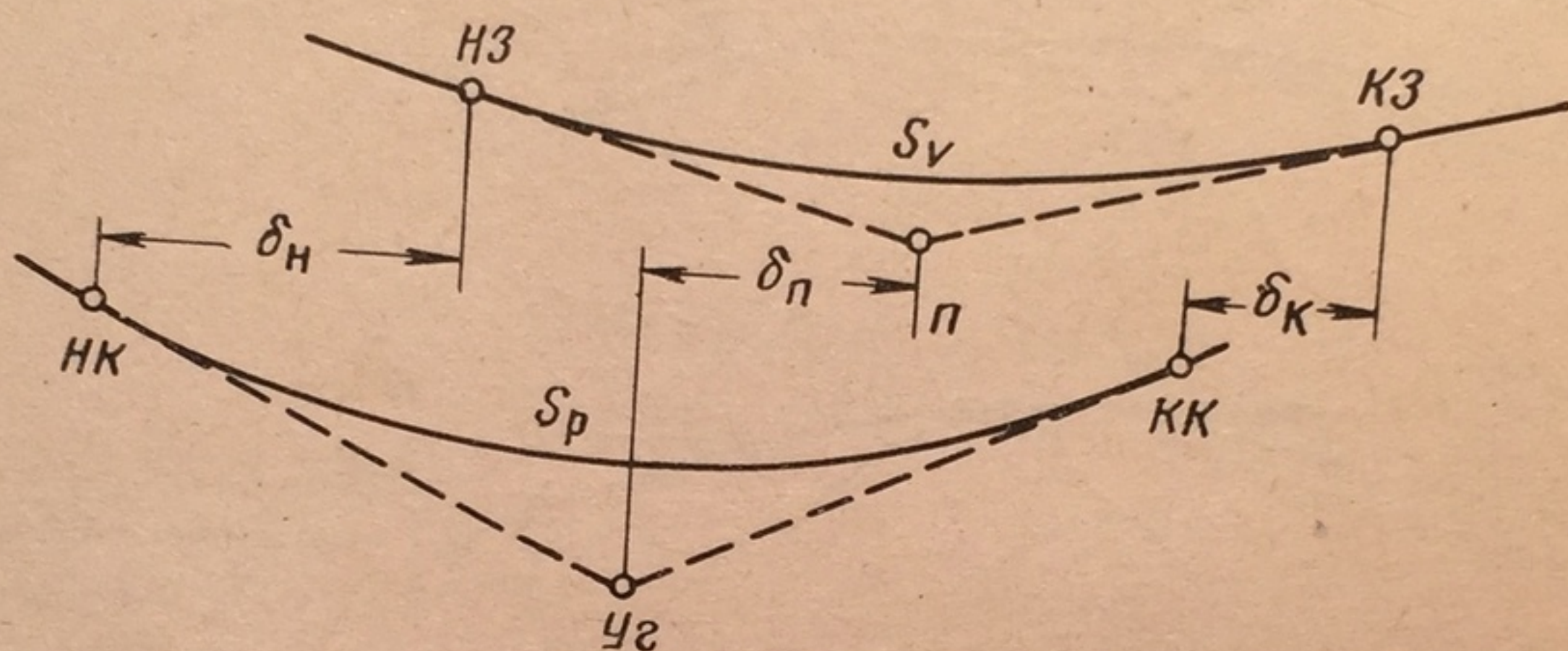


Рис. 10. Схема несовершенного сочетания кривых плана и профиля

Величина  $\delta_n$  измеряется в продольном профиле между вершинами кривой в плане и вертикальной кривой. Перелом проектной линии (обычно середина кривой) принимается исходной точкой, так как эта точка определяется рельефом местности. Расположение углов поворота в плане менее ограничено и свободно принимается проектировщиком.

Смещения начальных и конечных точек вертикальной кривой по отношению к кривой в плане  $\delta_n$  и  $\delta_k$  также измеряются в продольном профиле.

Соотношение радиусов кривых профиля и плана определяется формулой

$$k_R = \frac{R_v}{R_p}. \quad (3)$$

Определение этих показателей целесообразно для установления необходимости улучшения сочетаний, а также для определения средств их улучшения, которые изложены в главе 2. Простые сочетания кривых в плане К и профиле 3, встречаемые на дорогах, приведены в табл. 1.

Приведенные в табл. 1 сочетания разделяются на симметричные с порядковыми номерами 1 и 2 и асимметричные с 3 по 6. Симметричные сочетания подразделяются на совершен-



Таблица 1

№ п/п	План и профиль	Характеристики сочетаний
1		К совмещена с З
2		К перекрывает З
3		То же, но начала или концы совмещены
4		К в пределах З
5		То же, но начала или концы совмещены
6		К смещена за пределы З

ные 1 и перекрывающиеся 2; асимметричные — на совершенные (в табл. 1 не включены), полусовершенные 3 и 5, перекрывающиеся 4 и смещенные 6. К совершенным относятся сочетания, у которых начала и концы кривых в плане и профиле точно совпадают или сдвинуты незначительно (в среднем на 10—20 м), а также сочетания переходных кривых в плане с круговыми кривыми в профиле, соответствующие данным, приведенным на стр. 37.

В табл. 1 схематически приведены только сочетания кривых плана с вогнутыми вертикальными кривыми. Совмещением кривых плана с выпуклыми вертикальными кривыми образуются аналогичные сочетания.

## § 2. ЭЛЕМЕНТЫ ТРАССЫ

Исходя из элементов плана и профиля, вышеприведенные простые несовершенные сочетания круговых кривых плана и профиля могут быть разбиты на два или три элементарных участка, имеющие в плане и профиле только один определенный элемент. Такие элементарные участки трассы, образованные по одному определенному принципу, в дальнейшем назы-



ваются элементами трассы. Следовательно, совершенное сочетание кривой в плане с кривой в профиле в общем случае образует одну пространственную кривую, т. е. является элементом трассы.

Взаимные практические комбинации применяемых элементов плана и профиля создают 20 элементов трассы в пространстве. Так, прямая в плане практически совмещается в профиле с горизонтальной и наклонной прямой, с вогнутой и выпуклой круговой кривой, с вогнутой и выпуклой клотоидой. Клотоида и круговая кривая в плане, кроме вышеперечисленных шести элементов профиля, могут быть еще совмещены с синусоидой в профиле.

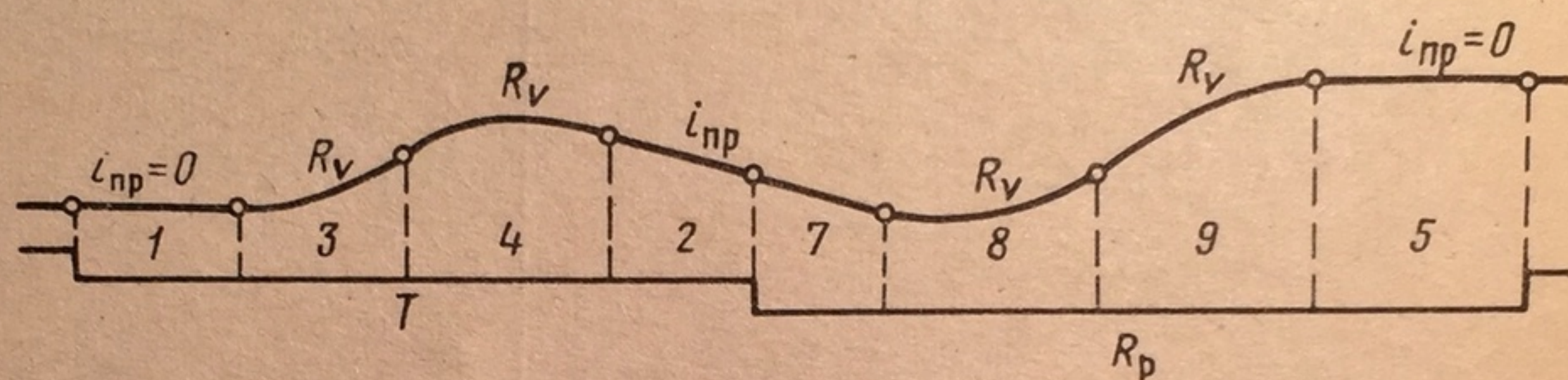


Рис. 11. Схема разделения трассы на элементы

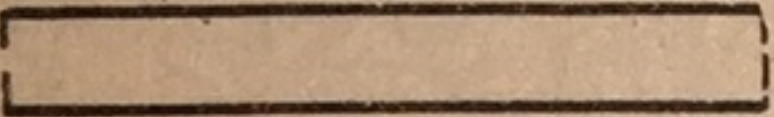
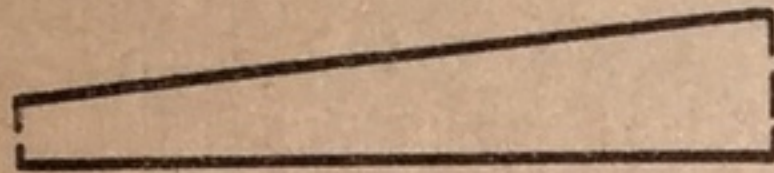
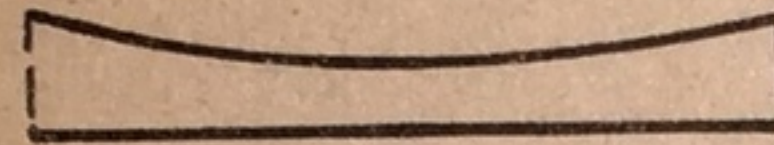
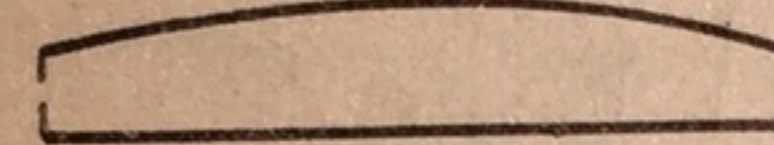
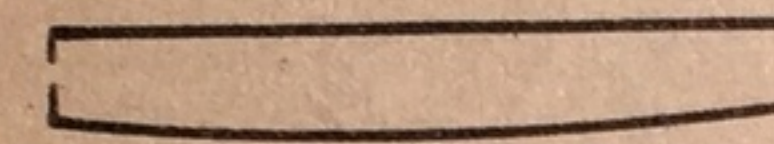


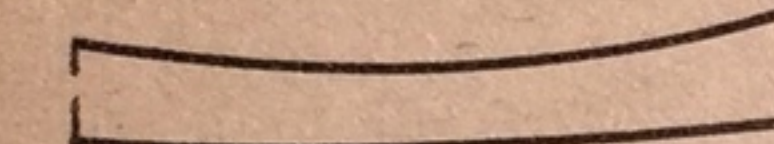
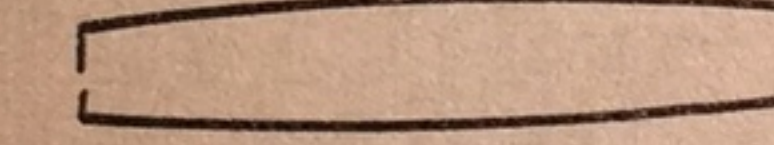
Более распространенные элементы трассы приведены на рис. 11. В дорожной литературе еще не укоренились сокращенные названия элементов трассы в пространстве. Обычные их определения весьма длинные. Например, восьмой элемент (см. рис. 11) имеет название «сочетание круговой кривой в плане с вогнутой кривой в профиле».

Чтобы облегчить пространственное мышление, названия элементов трассы должны быть короткими и отражать их динамические и оптические свойства. Имея в виду, что возможная скорость движения в основном определяется кривыми плана и продольными уклонами, а нормы для закруглений профиля определяются из условий обеспечения безопасности движения, названия элементов трассы целесообразно определять, принимая за основу элементы плана: прямую, переходную и круговую кривую. Применяемые авторами сокращенные названия основных элементов трассы, согласно рис. 11, сведены в табл. 2, в которой шестым элементом включена наклонная кривая, т. е. сочетание кривой в плане с синусоидой в профиле (на рис. 11 наклонная кривая не показана).

Элементами трассы с порядковыми номерами от 5 до 9 могут различаться в том, какую кривую имеют в плане — клотоиду или круговую. Соответственно их сокращенные названия уточняются; например, вогнутая клотоида или вогнутая (круговая) кривая и т. д.



Таблица 2

№ п/п	План и продольный профиль	Группы элементов	Названия элементов трассы
1		Прямые	Горизонтальная прямая
2			Наклонная прямая
3		Плоские кривые	Плоская вогнутая кривая («вогнутая прямая»)
4			Плоская выпуклая кривая («выпуклая прямая»)
5			Горизонтальная кривая
6			Наклонная кривая
7		Пространственные кривые	Кривая постоянного уклона (винтовая)
8			Вогнутая кривая (пространственная вогнутая кривая)
9			Выпуклая кривая (пространственная выпуклая кривая)

Элементы с порядковыми номерами 3, 4, 8 и 9 могут быть в профиле образованы с переходной или круговой кривой. Их пространственные названия в случае применения клотоид в профиле уточняются; например, клотоидно-вогнутая плоская кривая, клотоидно-вогнутая клотоида или клотоидно-вогнутая кривая.

Основные криволинейные элементы трассы приведены на рис. 9. В правой стороне рисунка даны их фронтальные проекции на плоскость  $ZOY$ .

Горизонтальная и наклонная прямые в перспективе имеют одинаковый вид. При отсутствии опорных точек для взгляда водителя направление спуска или подъема определяется водителем ошибочно. Особенно часто с оптическим обманом встречаются на горных дорогах, так как на перевалах уклон дороги постепенно увеличивается от горизонтального до максимально допустимого. Взгляд водителя при движении на подъем направлен примерно параллельно проезжей части. Если оптические опорные точки отсутствуют, вогнутые переломы профиля часто воспринимаются как низкие места, а участки подъема АВ



(рис. 12) — как горизонтальные участки или спуски. На обратном пути участок крутого спуска *CB* может ошибочно приниматься пологим спуском, а более пологий спуск *BA* кажется крутым подъемом. Вместо того, чтобы затормозить, водитель стремится набирать скорость, чтобы преодолеть кажущийся ему подъем. В результате ошибочного восприятия уклонов может произойти необоснованное снижение или опасное увеличение скоростей.

Такие участки становятся особенно опасными для трудно тормозимых грузовых автомобилей.

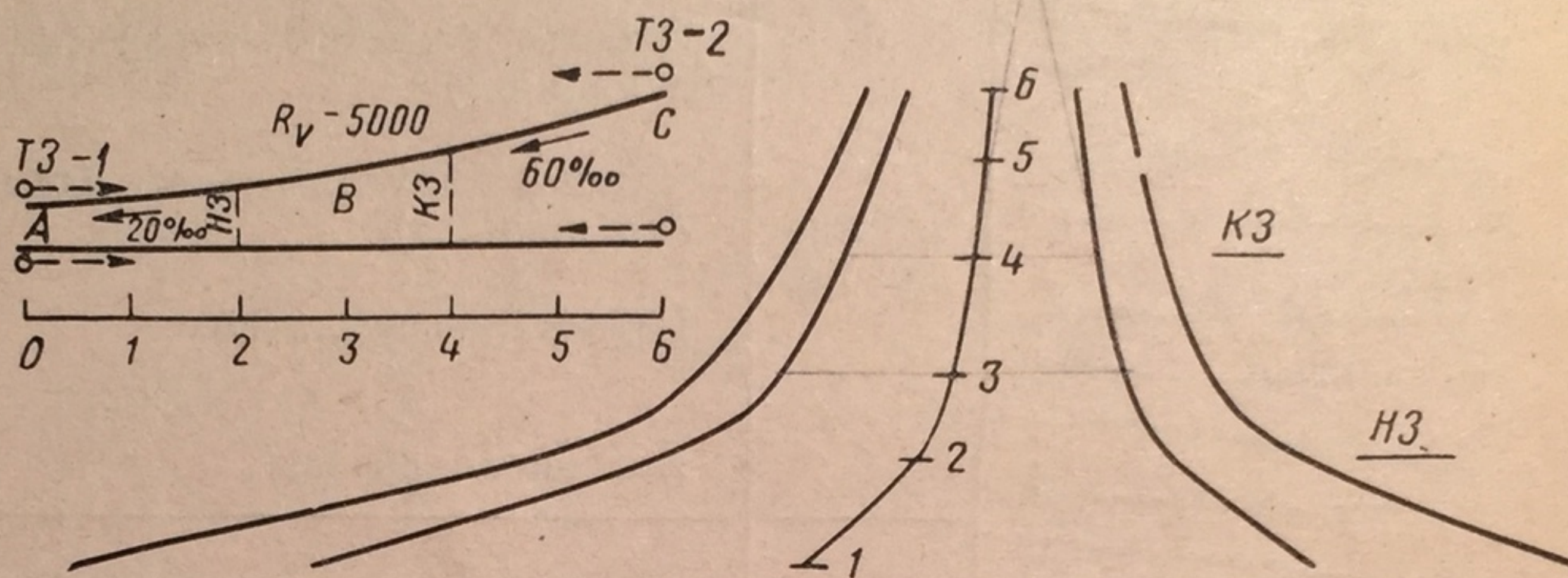


Рис. 12. Оптический обман при спуске и подъеме

На выпуклых участках профиля также затруднительно своевременное определение наивысшей точки, с которой начинается спуск, особенно ночью. Если наблюдатель находится в стороне от участка уклона или выпуклости профиля, глаз правильнее воспринимает направление уклонов. Этим повышается уверенность вождения автомобиля и в результате стабилизируется скоростной режим движения.

Повороты трассы, совмещенные с выпуклыми переломами или подъемами, обеспечивают восприятие впереди лежащих участков сбоку.

Для облегчения восприятия в качестве ориентировочных точек важную роль играют типичные горизонтальные площадки: водные бассейны, лужайки или вертикальные элементы ландшафта.

Для высотного ориентирования водителя могут быть удачно использованы швы подпорных стенок.

Если смотреть на внутреннюю бровку дорожного полотна, описанную по круговой кривой из точки, расположенной вне кривой, она выглядит как эллипс [11]. Наибольшая кривизна эллипса в перспективе имеется у его фокусов и зависит от величины угла восприятия. При малых углах восприятия закругление воспринимается как резкий перелом в плане и заставляет водителя, приближающегося к кривой, рефлексивно снижать скорость.



Сочетание кривой в плане с прямой постоянного уклона или вертикальной кривой в пространстве образует винтовую кривую с постоянным или переменным шагом. В перспективе винтовая кривая отображается с оптической точкой перегиба (рис. 13) и воспринимается как обратная кривая в плане, т. е. не соответствует действительному плану — односторонней кривой.

Расположение оптической точки перегиба в зависимости от положения точки зрения приводит водителя к неверной ориентации о направлении как в плане, так и в профиле.

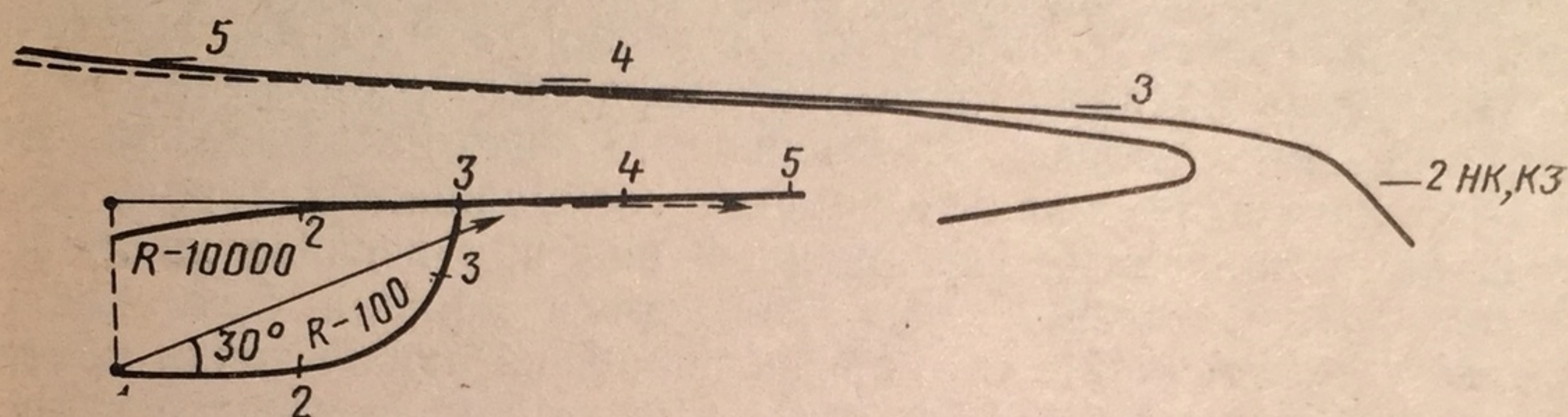


Рис. 13. Винтовая кривая

Анализ вышеприведенных типичных сочетаний элементов плана и профиля и наблюдения на дорогах подтверждают, что скорость движения зависит не только от динамических возможностей автомобилей и приспособления дороги к их использованию, а также от зрительного восприятия дороги водителем и воздействия на него дорожной обстановки. Игнорированием при проектировании условий, обеспечивающих удобства восприятия, создаются неясные участки, на которых водитель снижает скорость, что в конечном счете отражается на экономичности автомобильных перевозок.

При анализе проектов дорог можно заметить, что в настоящее время удачные сочетания кривых плана и профиля составляют примерно 2% от их общего количества и часто могут быть рассмотрены как случайные.

Встречается также много участков, проезд по которым утомителен в результате их чрезмерной прямолинейности и ландшафтной однообразности.

Приведенными заключениями определяется особая необходимость уделять больше внимания вопросам пространственной геометрии трассы дороги.

Проектирование плана, продольного и поперечного профилей должно проводиться взаимосвязанно при полном представлении формы применяемых элементов трассы с учетом их динамических и оптических качеств.



ПРОСТРАНСТВЕННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТРАССЫ  
ДОРОГИ§ 3. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ТРАССЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ  
ДОРОГ

В настоящее время признано, что скоростная автомобильная дорога должна быть оптически плавной. Требование к плавности дороги определяется; во-первых, условием обеспечения безопасности скоростного движения, во-вторых, эстетическими соображениями, поскольку дорожные сооружения являются крупным, сильно влияющим элементом ландшафта. Согласно ландшафтно-архитектурным соображениям дорога должна иметь приятный, гармоничный вид при взгляде из любой точки. Следовательно, плавность дороги должна быть непрерывной (постоянной), т. е. обеспеченной из любой точки траектории движения глаз наблюдателя на любом ее участке в пределах зоны обозрения.

Постоянство плавности трассы достигается удачными соотношениями элементов и постепенностью переходов одного элемента в следующий при условии, что сами элементы трассы оптически ясные. Оптически ясными считаются элементы дороги, которые при реальных условиях их восприятия не претерпевают оптических искажений.

Требование о том, что плавность дороги должна быть постоянной, было выдвинуто еще до сороковых годов немецкими инженерами. Эмпирические правила инж. Х. Лоренса по обеспечению оптической плавности дороги получили широкое распространение в технических условиях многих стран и учитываются при проектировании. В связи с тем, что эмпирические правила имеют общий характер, выгодные соотношения между элементами трассы в каждом конкретном случае устанавливаются на основе оптического анализа, используя перспективные изображения или модели участков дорог.

Наиболее распространенный метод оптической проверки плавности дороги по перспективным изображениям с введением корректур является трудоемким и замедляет темп проектирования. Кроме того, в отдельных случаях определить точные величины пространственных корректур трассы по перспективному изображению затруднительно и требуются повторные проверки улучшенной в плане или профиле трассы.

Значительно проще достичь пространственную плавность дороги при проектировании, учитывая конкретные рекомендации и соотношения, которые определены на основе анализа большого количества перспективных изображений.



Условиями, обеспечивающими пространственную плавность дороги (внутреннюю гармонию), являются: достижение выгодных соотношений элементов трассы в пределах зон обозрения и удовлетворяющей степени кривизны в перспективе, обеспечение постепенности переходов между смежными элементами трассы, образование оптически ясных элементов трассы, устранение переломов кромок проезжей части на участках отгонов виражей.

#### § 4. СООТНОШЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ТРАССЫ

Проезжая по дороге, часто замечаем, что кривая, которая издали имеет вид острого перелома, по мере приближения становится плавнее и при определенном расстоянии перед ее началом зрительно вполне удовлетворяет (рис. 14). Даже вдалеке видимые крутые повороты дороги создают у проезжаю-

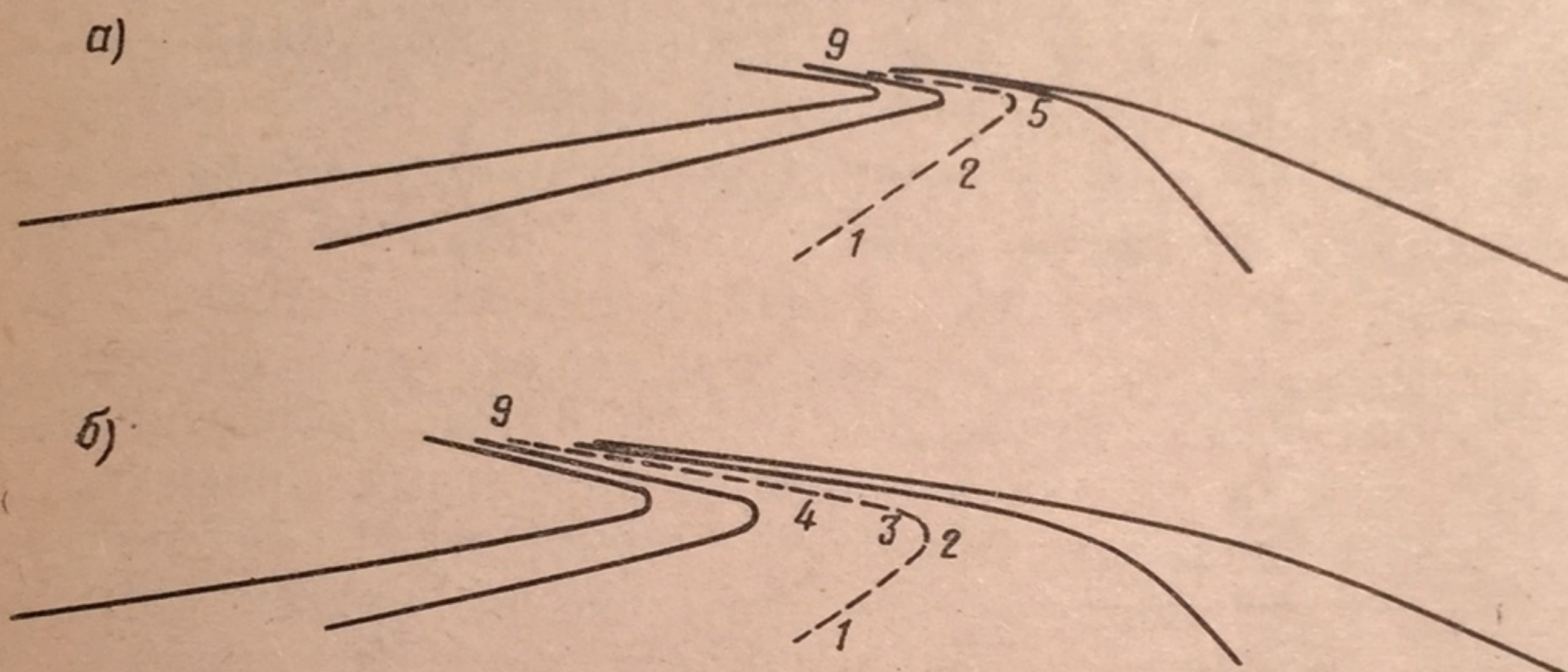


Рис. 14. Кривая радиусом 4000 м на расстоянии видимости:  
а — 500 м (имеет вид перелома); б — 200 м (плавная)

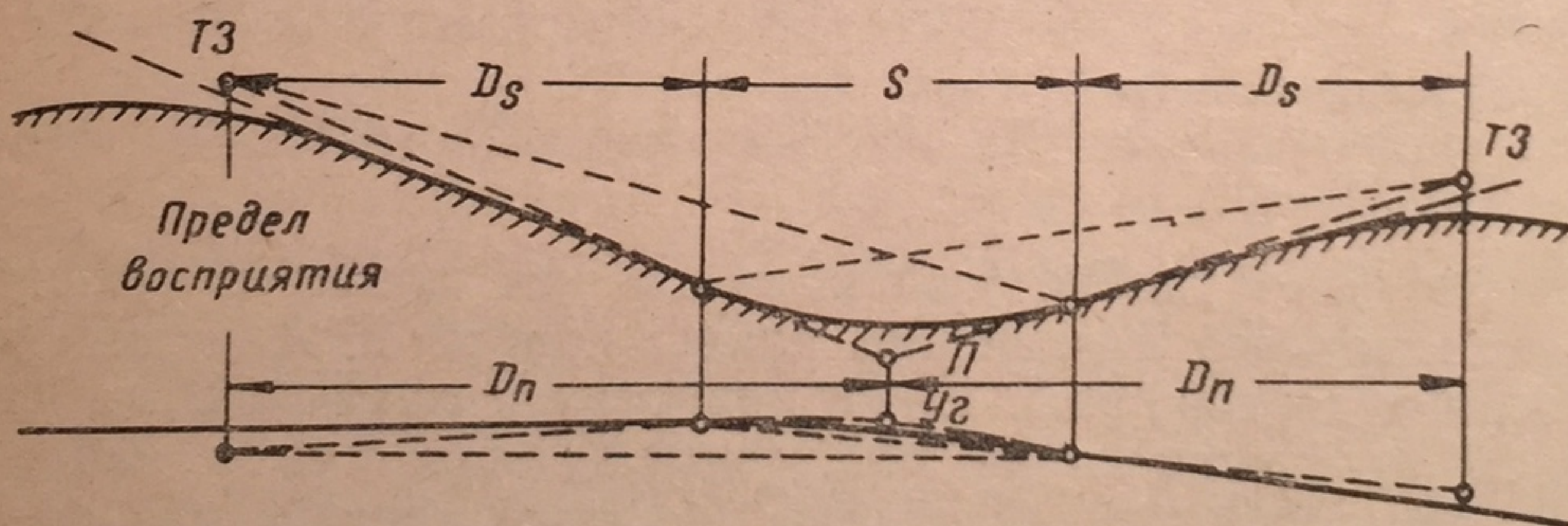


Рис. 15. Схема целесообразного обеспечения удовлетворительной плавности дороги из точек зрения, размещенных на пределах восприятия кривой

щего неприятное впечатление, поэтому их по возможности следует устранять. Ввиду того, что плавность кривых, приближаясь к их началу, обычно улучшается, целесообразно достичь удовлетворительную плавность, исходя из наибольшего расстояния до НК, т. е. из пределов восприятия кривой (рис. 15).



Расстояние видимости вогнутой кривой  $D_s$  определяется как сумма длины прямого уклона и длины выпуклой кривой, соответствующей  $y=0,80$  м ( $x$  отсчитывается от начала или конца кривой). При этом глаз водителя возвышается над тангенсом кривой на 0,70 м при высоте глаза над проезжей частью на 1,50 м. Протяженность кривой  $S$ , соответствующая  $y=0,80$  м, в зависимости от  $R$  приведена ниже:

$R$ , тыс. м	2,5	3	4	5	6	8	10	12,5	15	20	25	30	40	50
$S$ , м	60	70	80	90	100	110	130	140	160	180	200	220	250	280

В плане расстояние видимости кривой определяется между пределом восприятия и ее началом (центром).

Наблюдения показывают, что длина кривых должна быть в выгодном соотношении с прямыми участками. Чем длиннее прямая, тем длиннее должна быть следующая за ней кривая. Соотношения прямых и кривых обычно проверяются при помощи перспективных изображений. В случае, когда закругление в перспективе воспринимается переломом, улучшение его плавности достигается увеличением радиуса. При этом исходят из характерного расположения глаза водителя, сидящего за рулем: 1,5 м вправо от оси дороги и высоте над дорогой 1,2—1,5 м. Такой метод улучшения трассы путем постепенных приближений связан со значительными затратами времени.

На основе анализа большого количества перспективных изображений установлено, что соотношения между элементами плана или продольного профиля (см. рис. 15) должны удовлетворять приведенным зависимостям.

Расстояние до перелома $D_n$ , м	150	200	250	300	350	400	500	600	700
Минимальная длина круговой кривой $S_p, S_v$ , м	110	150	200	240	280	320	400	500	600

Эти данные удобно использовать при проектировании для ориентировочного назначения длины кривой в зависимости от расстояния до вершины. Ниже приводятся минимальные длины кривых, обеспечивающие достаточную плавность в зависимости от расстояния до их начала. По этим данным удобно произвести оптический анализ принятых проектных решений.

Расстояние до НК основной кривой $D_s$ , м	50	100	150	200	250	300	350	400	450
Минимальная длина круговой кривой $S_p, S_v$ , м	50	115	180	250	330	400	500	600	750

Данные соотношения определены из условия, что глаз наблюдателя находится на прямом уклоне, предшествующем кривой, 1,5 м над поверхностью дороги. В случаях, когда расстоя-



ния до кривой больше 450 м или горизонт повышен, соотношения кривых и прямых проверяются при помощи перспективных изображений или пространственных моделей.

Кроме соотношений прямых и кривых внимание обращается также на кривизну закругления в перспективе. Чем больше кривизна кривой в плане, тем больше она и в перспективе под малым углом зрения. Наибольшая кривизна в перспективе, которая принимается водителем как допускающая проезд впереди лежащей кривой с расчетной скоростью, требует еще экспериментального определения.

Достижение удачных соотношений между несколькими элементами трассы, лежащих в одной плоскости, если  $R > 5000$  м, является единственным условием, обеспечивающим плавность участка в пределах его обозрения.

Обеспечение удовлетворительной плавности кривых из предела их восприятия часто по условиям местности затруднительно или невозможно. В этих случаях целесообразно стремиться к обеспечению плавности участка в пределах расстояния видимости, необходимого для обгонов, или из расстояния перед кривой, на котором водитель реагирует и снижает скорость.

### Обеспечение возможности движения с постоянной скоростью

Наиболее эффективное мероприятие снижения количества дорожных происшествий — устранение при проектировании дорог всех участков, на которых будет происходить снижение скоростей движения [5].

В целях устранения участков снижения скорости плавность закруглений должна быть столь убедительной, чтобы водитель, приближаясь к кривой, был уверен в возможности реализации выбранной скорости, близкой к расчетной, также в пределах кривой. Расстояние перед началом кривой, при котором водитель снижает скорость в зависимости от ее кажущейся кривизны, экспериментально не уточнено. Принимается, что водитель, проезжая с расчетной скоростью, реагирует на кажущиеся ему переломы дороги при нормативном расстоянии видимости поверхности дороги. Степень предосторожности отдельных водителей может быть различной, поэтому в целях обеспечения равномерности движения всего потока автомобилей предлагается увеличить расстояние, при котором обеспечивается плавность кривых, принимая его равным 1,5-кратному расчетному расстоянию видимости поверхности дороги при данной расчетной скорости.

Когда достижение оптимальных соотношений элементов трассы в пределах зоны обозрения невозможно, рекомендуется применять длины круговых кривых не меньше величин, приведенных ниже.



Расчетная скорость $V_{\text{расч}}$ , км/ч	50	60	80	100	120	150
Минимальное расстояние, с которого необходимо обеспечить плавность кривой $D_s$ , м	90	110	150	210	260	380
Минимальная длина круговой кривой $S_p, S_v$ , м	100	130	180	270	350	540

При использовании данных выводов, приведенных на стр. 18 и 20, для проектирования минимальный радиус круговой кривой определяют по измеренному углу поворота (перелома) и рекомендуемой длине кривой. Если радиус основной кривой, определенный по этим данным, оказывается меньшим 5000 м, вводятся переходные кривые и тем увеличивается общая длина кривой (см. выводы на стр. 21 и 22).

Установлено, что необходимая протяженность вертикальных кривых, обеспечивающих зрительную плавность из 1,5-кратного расстояния видимости поверхности дороги, обычно не требует существенного увеличения объемов земляных работ.

#### Обеспечение возможности обгонов

На прямолинейных участках трассы и на пологих кривых в плане по возможности должны быть запроектированы участки видимостью до 750 м, обеспечивающие безопасный обгон. Короткая кривая, издали воспринимаемая как перелом, является оптическим препятствием, которое воздерживает водителя от набора скорости для обгона. Условиями возможности безопасного обгона, кроме достаточной видимости, является оптическая плавность впередилежащего участка дороги.

Необходимое расстояние видимости, обеспечивающее безопасный обгон, согласно данным канд. техн. наук И. В. Бегмы, приведено ниже.

Расчетная скорость $V_{\text{расч}}$ , км/ч	120	100	80
Расстояние видимости, обеспечивающее обгон, м	900	550	250

Расстояние видимости 900 м представляется завышенным и обычно принимается 750 м. Применение соотношений прямых и кривых (см. выводы на стр. 18 и 20) при малых углах поворота (примерно до  $10^\circ$ ) обеспечивает плавность участка также в пределах расстояния видимости, необходимого при обгоне.

#### § 5. СОПРЯЖЕНИЕ СМЕЖНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ТРАССЫ

Оптическим анализом перспективных изображений установлено, что постепенность переходов недостаточна в местах сопряжения прямой с круговой кривой в плане и профиле радиу-



сом менее 5000 м (рис. 16) и в местах сопряжения обратных круговых кривых в плане и профиле с радиусами менее 5000 м (рис. 17). Достаточная постепенность перехода в этих случаях обеспечивается введением переходных кривых по клотоиде в зависимости от расчетной скорости или расстояния до

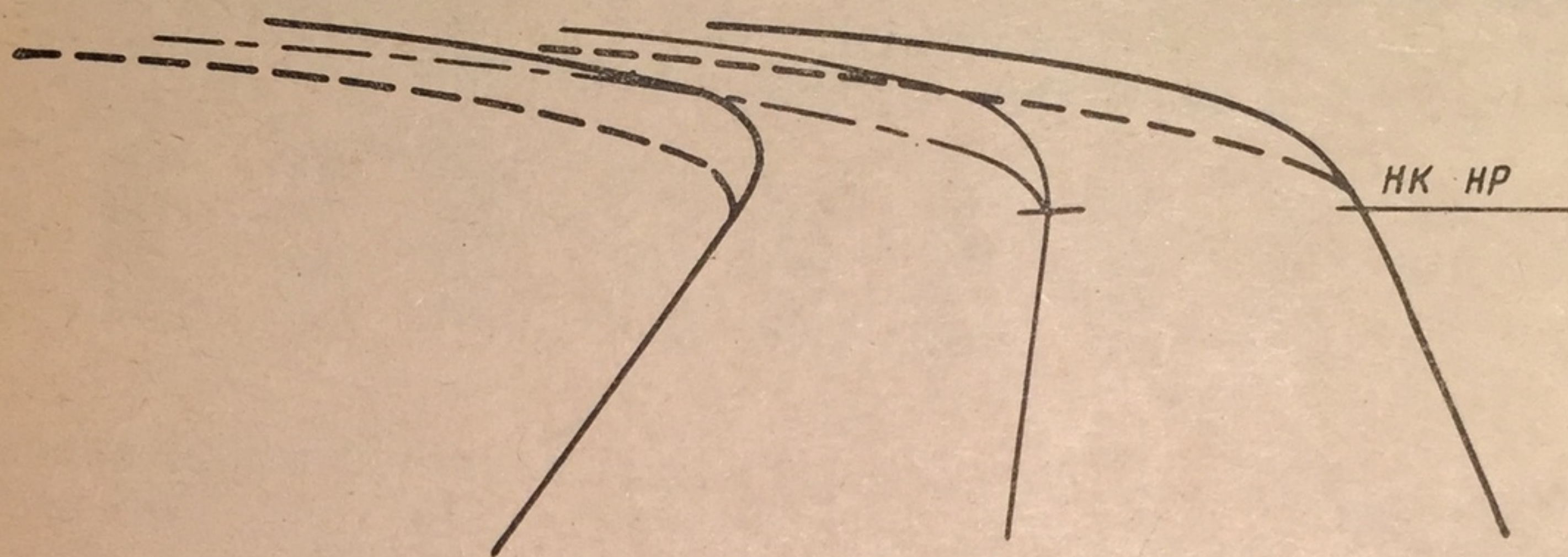


Рис. 16. Переход от прямой к круговой кривой при  $R_p$  менее 5000 м недостаточно постепенный. Постепенность перехода достигается введением переходной кривой

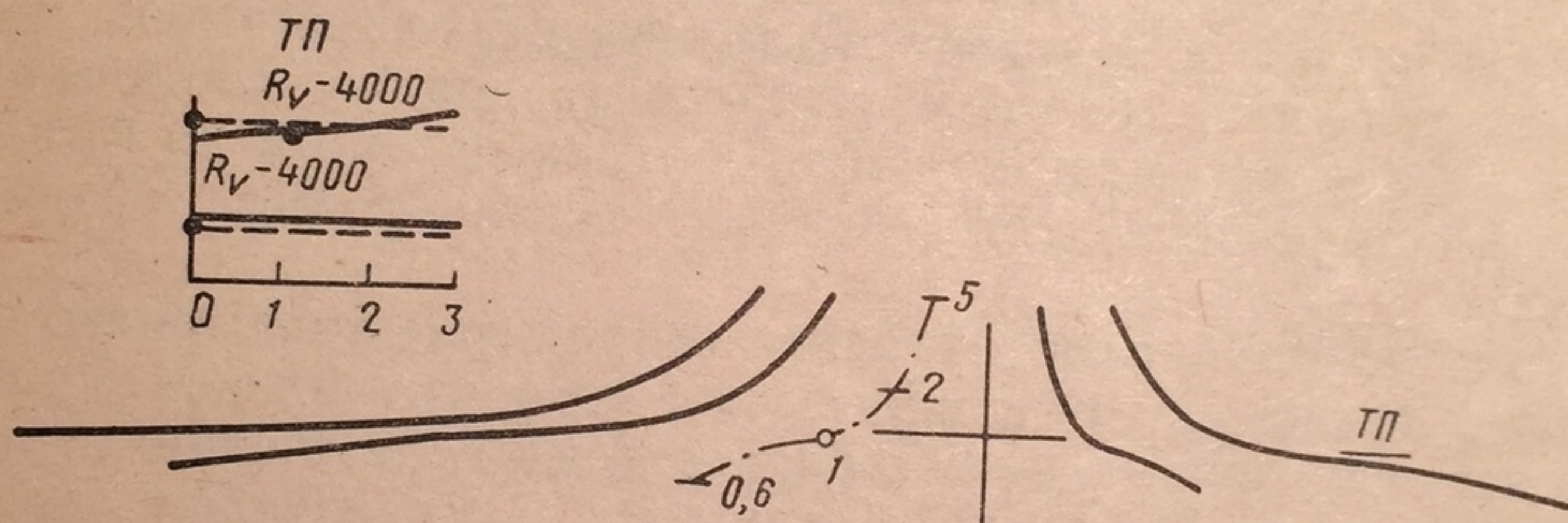


Рис. 17. Сопряжение обратных вертикальных кривых радиусами менее 5000 м недостаточно плавное

начала кривой с параметрами, не менее приведенных на стр. 21 и 22. В качестве переходной кривой применяется клотоида

$$A^2 = RL. \quad (4)$$

Для плоских кривых в плане и профиле как минимальные применяются значения параметров, приведенные ниже.

$V_{расч}, км/ч$	40	60	80	100	120	—	150	—
$D_{п. д.}, м$	50	75	100	140	175	200	250	300
$A, м$	120	200	275	400	500	575	700	750

Данные параметры определены при помощи перспективных изображений, исходя из условия, что переходная кривая должна восприниматься достаточно пологой при езде с расчетной скоростью из расчетного расстояния видимости поверхности дороги  $D_{п. д.}$



Вышеприведенные данные могут быть использованы при оптическом анализе для проверки постепенности перехода прямого уклона к клотоиде.

В случаях сочетания клотоиды с вогнутой круговой кривой в профиле необходимо учитывать оптимальные величины смещений между их началами (см. стр. 37). Длина клотоиды в этих случаях в некоторой степени ограничивается:

$R, м$	125	250	400	600	1000	1500	2000	3000	4000	5000
$A, м$	110	175	240	300	400	525	625	775	950	1100
$L, м$	100	125	140	150	160	180	200	200	220	220
$\Delta R, м$	2,70	2,50	2,15	1,56	1,07	0,84	0,80	0,55	0,52	0,48

Учитывается, что  $R=125 м$  по СНиП является минимальным для расчетной скорости  $60 км/ч$ ,  $R=250 м$  для  $V_{расч}=80 км/ч$  и т. д., соответственно расчетная видимость поверхности дороги равна 75; 100 м и т. д.

Во всех случаях, где это возможно, стремятся к обеспечению плавности закруглений из пределов их восприятия.

Чтобы клотоида как элемент трассы стала заметной, изменение направления трассы в ее пределах должно достигать не менее  $3^\circ$ . Следовательно, при малых углах поворота до  $6^\circ$  целесообразно применение сопряженных клотоид без круговой вставки.

В практике Латгипродортранса сопряженные клотоиды применяются также при величинах угла поворота больше  $6^\circ$ , особенно заменяя кривые малых радиусов на пересечениях и примыканиях дорог. Параметр клотоиды в этих случаях определяется по таблицам, исходя из угла  $\beta=\alpha/2$  и величины принятого конечного радиуса  $R_k$ , значение которого принимают не менее определенного по данным, приведенным на страницах 18 и 20.

При сопряжении односторонних круговых кривых с соотношением радиусов  $R_1/R_2 > 2$  постепенность перехода обеспечивается отрезком клотоиды, кривизна которой изменяется в пределах от  $1/R_1$  до  $1/R_2$ .

В целях достижения наибольших удобств вождения автомобиля параметры сопрягаемых обратных клотоид должны быть одинаковы. Предельное допускаемое соотношение параметров  $A_1/A_2 \leq 2$ .

Сопряжение конца плоской вогнутой кривой с началом круговой кривой постоянного уклона или началом плоской кривой допустимо. Плавность дороги удовлетворяет при взгляде в обоих направлениях (рис. 18). Плавность участка зависит также от соотношения  $R_{v,1} : R_{p,2}$ , поэтому в этих случаях необходима проверка при помощи перспектив. В примере, приведенном на рис. 18, плавность при соотношении  $R_{v,1} : R_{p,2} = 2,5$  удовлетворяет.



Менее удачно сопряжение плоской вогнутой кривой с выпуклой кривой (рис. 19). При езде со стороны плоской вогнутой кривой перспектива дороги вполне удовлетворяет. Напротив, при езде со стороны выпуклой кривой на определенном

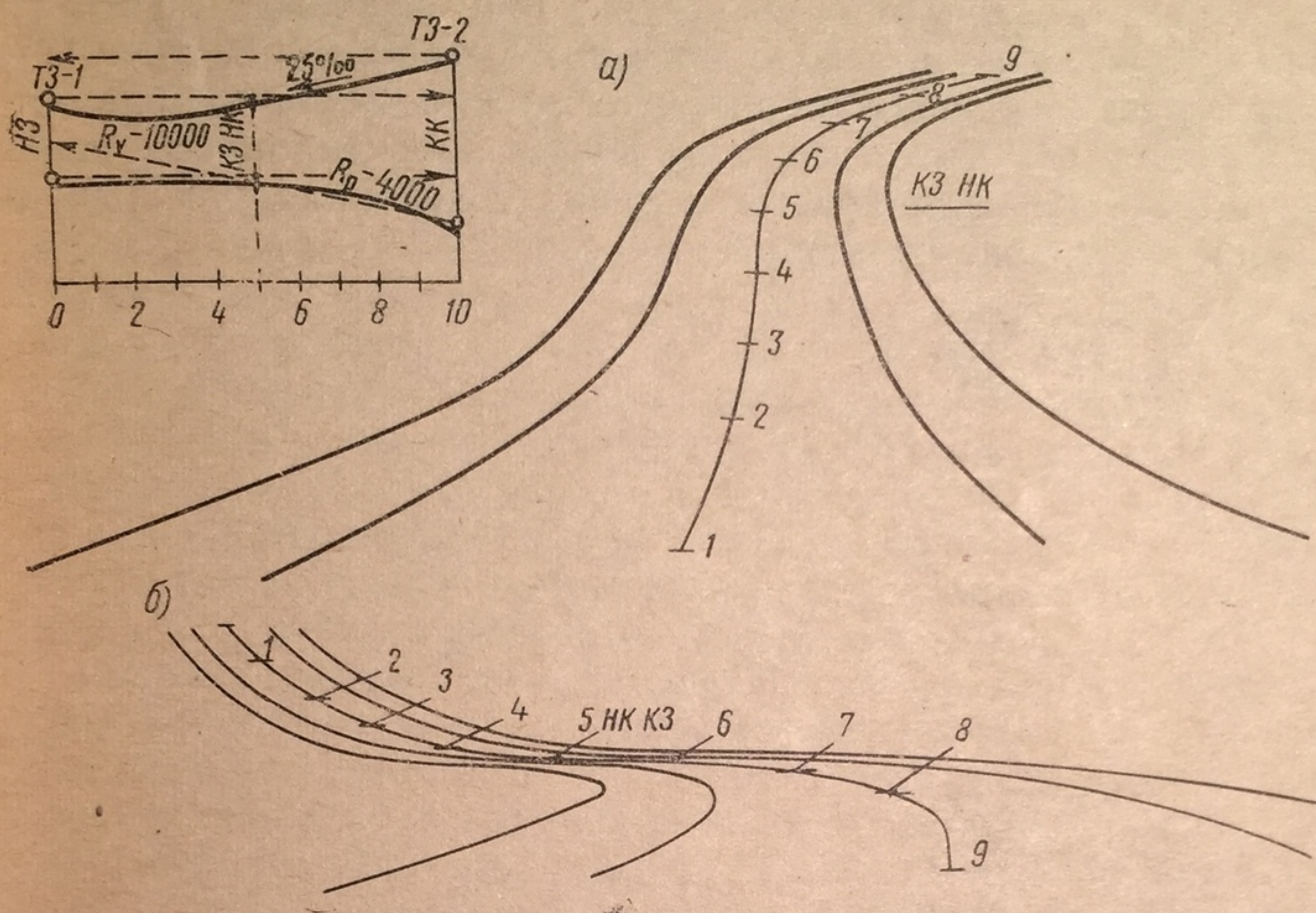


Рис. 18. Сопряжение плоской вогнутой кривой с кривой постоянного уклона:  
а — при взгляде со стороны плоской вогнутой кривой; б — со стороны кривой постоянного уклона

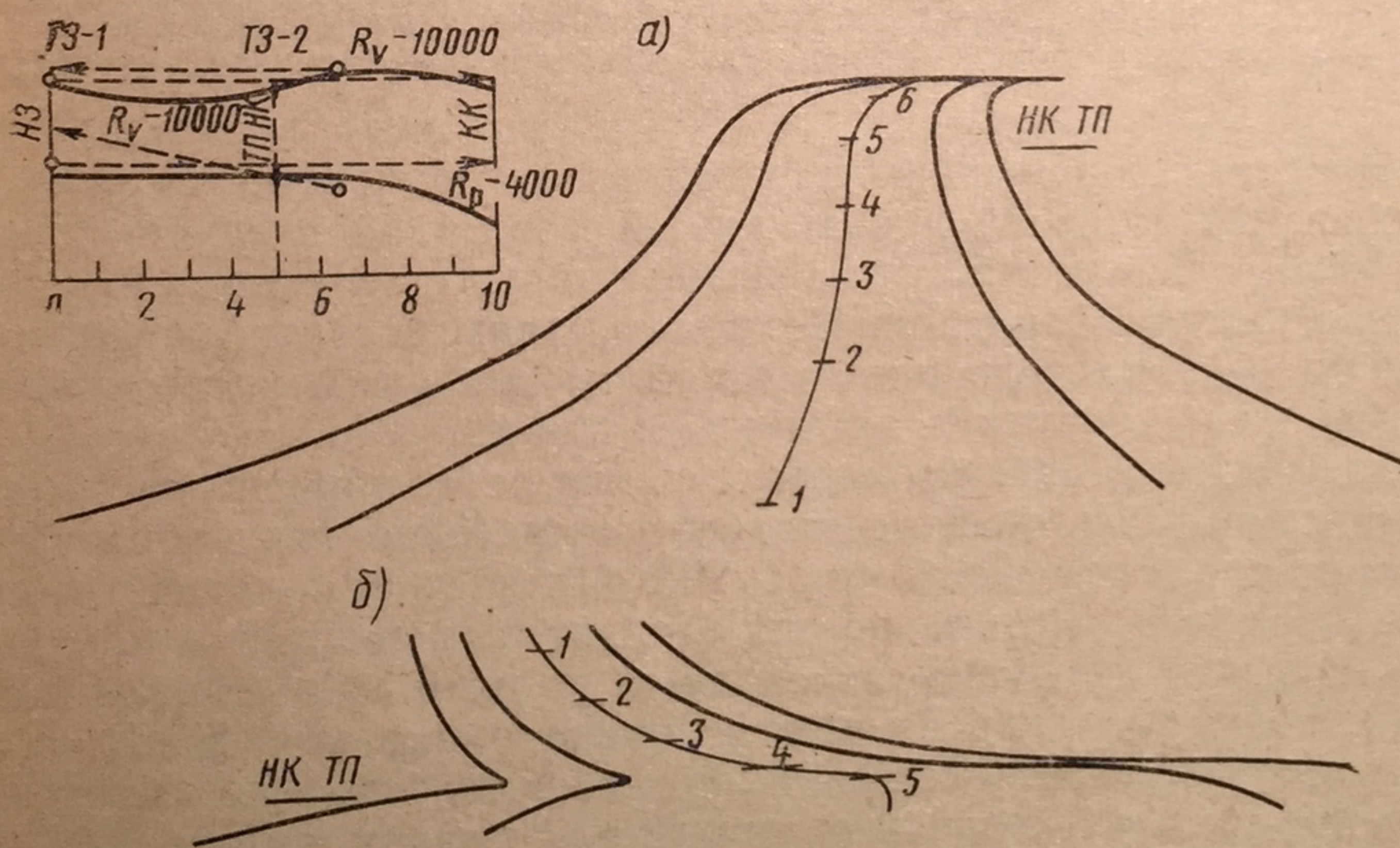


Рис. 19. Сопряжение плоской вогнутой кривой с выпуклой кривой:  
а — при взгляде со стороны плоской вогнутой кривой; б — при взгляде со стороны выпуклой кривой



интервале, когда глаз еще мало возвышен над касательной, проходящей через точку перегиба, наблюдаются острые изломы на линиях левой стороны дороги. В правой стороне соответствующие линии плавны. Если учесть, что неудовлетворительная перспектива наблюдается также при переходе с плоской выпуклой кривой на плоскую вогнутую кривую (см. рис. 17), то выше рассмотренное сопряжение можно считать приемлемым. Следует отметить, что в практике проектирования необходимость совмещения кривой в плане с вертикальной выпуклой кривой встречается наиболее часто.

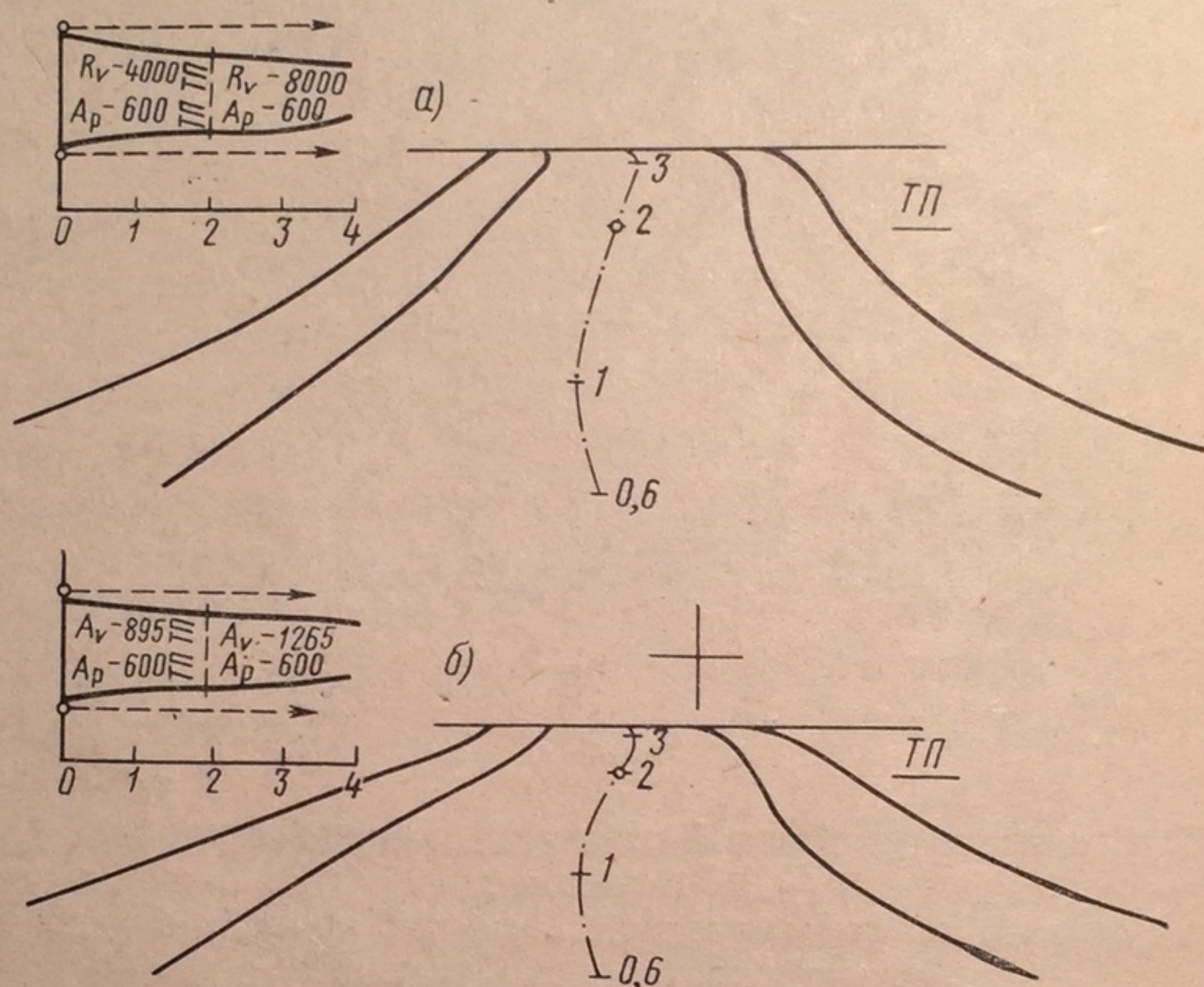


Рис. 20. Сопряжение вогнутой кривой с выпуклой кривой:  
а — в случае круговой кривой в профиле; б — в случае клотоиды в профиле

В случае сопряжения плоской вогнутой кривой со следующей за ней вогнутой или выпуклой клотоидой следует добиться, чтобы начало клотоиды незначительно перекрывало конец плоской вогнутой кривой. Не меняя длины вогнутой вертикальной кривой, приведенное условие может быть удовлетворено увеличением параметра клотоиды в плане.

Сочетание обратных клотоид в плане с обратными круговыми кривыми в профиле создает впечатление волнообразности кромок проезжей части (рис. 20). Оптическая плавность участка обратных клотоид достигается применением и в продольном профиле обратных переходных кривых при условии сочетания точек перегиба в плане и профиле (см. рис. 20, б). Если при проектировании профиля применяются только круговые кривые, то для устранения указанных деформаций между обратными круговыми кривыми в профиле должна быть запроектирована прямая вставка, длина которой определяется как сумма смещений  $\delta_{к,1} + \delta_{н,2}$  (см. стр. 37).



## § 6. СОЧЕТАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПЛАНА И ПРОФИЛЯ ТРАССЫ

Удачные соотношения между прямыми и кривыми в плане и постепенность переходов между ними достигается обычно при полевом трассировании. В равнинной местности и на прямолинейных участках пересеченной местности, где применены только плоские кривые, учет упомянутых двух условий обеспечивает плавность участков дороги.

Приведенные в гл. I типичные сочетания, встречаемые в пересеченной местности, характеризуются разнообразными оптическими искажениями, которые делают дорогу неясной для водителя и требуют при езде от него большой напряженности. Опыт проектирования показывает, что оптические искажения дороги могут быть устранены или смягчены рациональным сочетанием элементов трассы в плане и профиле. В дальнейшем под рациональным подразумевается сочетание, которое не создает у водителя иллюзионных представлений о направлении дороги, т. е. воспринимается оптически ясным.

Следовательно, обеспечение оптической ясности криволинейных элементов дороги — обязательное условие ее плавности. Необходимо сознавать, что ясность элементов дороги сама по себе не является гарантией плавности дороги, поскольку рациональный, но короткий элемент трассы может восприниматься как перелом при малых углах его восприятия.

Все элементы трассы могут быть разделены на три группы: прямые участки, плоские и пространственные кривые (см. табл. 2). Прямые и плоские кривые в перспективе из любой точки зрения представляются оптически ясными (см. рис. 9).

Ниже приведены результаты исследований оптических качеств пространственных кривых трассы и даны рекомендации по обеспечению или улучшению их оптической ясности.

### Кривые постоянного уклона

Кривая, которая без наличия продольного уклона является плоской, по мере увеличения уклона становится более и более выраженной пространственной кривой. В геометрии кривая с постоянным уклоном называется винтовой кривой постоянного шага. В перспективе винтовые кривые отображаются с оптической точкой перегиба, которая перемещается при перемещении точки зрения (см. рис. 13) и делает дорогу неясной для водителя. Установлено, что точка перегиба наблюдается только при взгляде в сторону подъема.

При проектировании важно установить условия, при которых кривая постоянного уклона в перспективе воспринимается без оптической точки перегиба.

Любая точка *М* винтовой кривой (рис. 21) будет проектироваться точкой перегиба, если центр проекций (глаз наблю-



дателя) расположен в соприкасающейся плоскости, проходящей через данную точку  $M$  [18]. В точке  $M$  уклоны к горизонту соприкасающейся плоскости  $\tau$  и кривой  $S$  равны.

Превышение  $h_1$ , соприкасающейся к точке  $M$  плоскости  $\tau$  над точкой стояния  $N$  при условии, что наблюдатель находится в пределах кривой, определяется зависимостью (см. рис. 21, а)

$$h_1 = (S_1 - x_s) i_{\text{пр}}$$

или

$$h_1 = \left( \frac{\pi R \alpha}{180} - R \sin \alpha \right) i_{\text{пр}}, \quad (5)$$

где  $\alpha$  — центральный угол между точками стояния  $N$  и перегиба  $M$ , град.;

$R$  — радиус кривой, м;

$i_{\text{пр}}$  — продольный уклон по кривой.

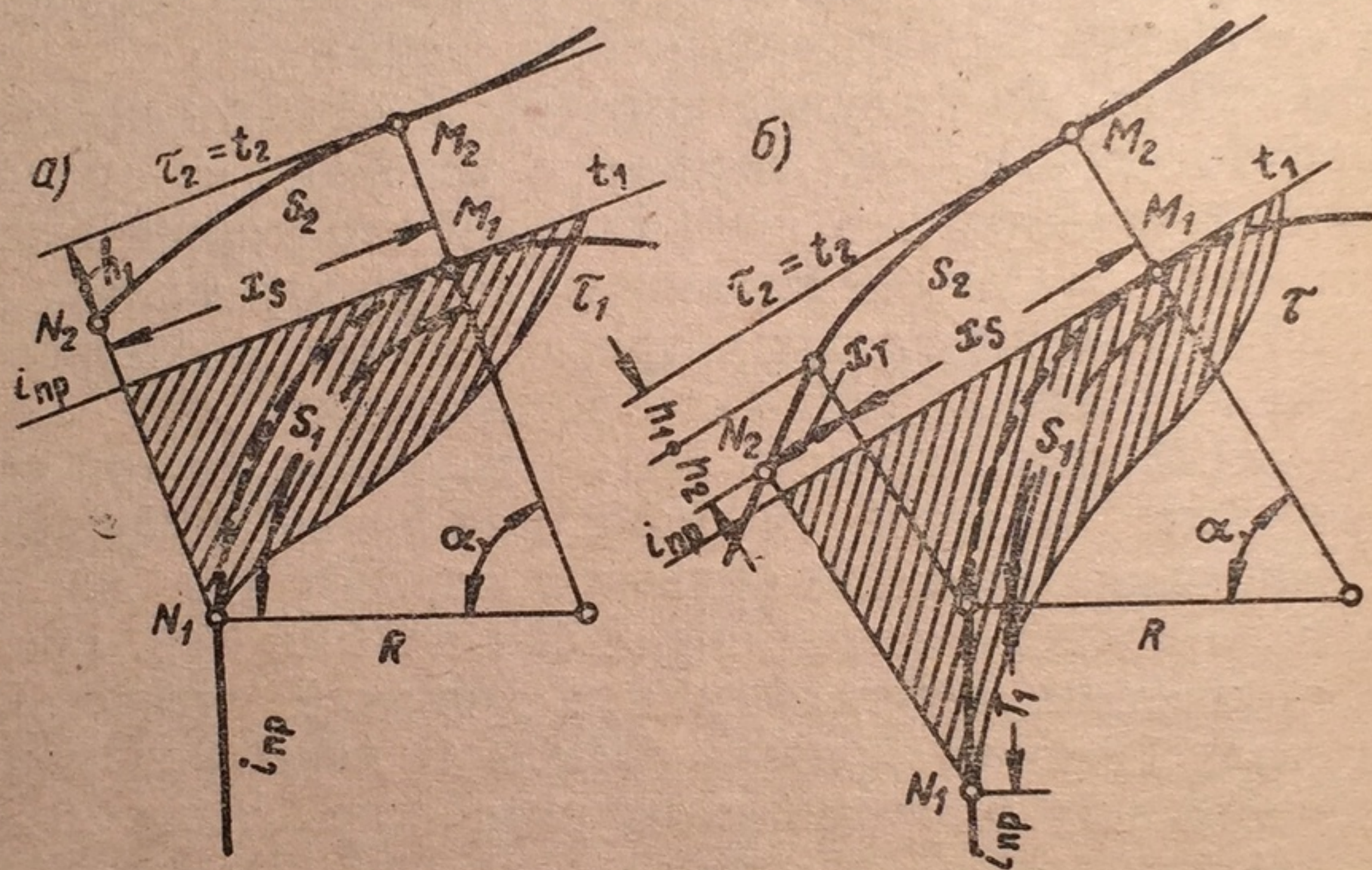


Рис. 21. Определение оптической точки перегиба:  
а — при расположении точки зрения в пределах кривой;  
б — в пределах предшествующей прямой

Рассчитанные по формуле (5) превышения  $h_1$  для  $R=100$  м приведены в табл. 3. Для других радиусов значения превышений  $h_1$  определяются умножением на соответствующий коэффициент (при  $R=300$  м на коэффициент 3).

Исходя из данных  $i_{\text{пр}}$  и  $R$ , по табл. 3 находят угол поворота  $\alpha$ , при котором превышение  $h_1$  примерно равно высоте глаза водителя  $h_{\text{гл}}$ . Искомое расстояние до оптической точки перегиба равно длине дуги  $NM$  и определяется по найденному углу  $\alpha$  и радиусу  $R$ .

Оптическая точка перегиба наблюдается также из точек зрения  $N$ , расположенных на подходах к кривой с низовой сто-



Таблица 3

$i_{\text{пр}}$	$\alpha, \text{град}$								
	10	20	30	40	50	60	70	80	90
	Превышения $h_1, \text{м}$								
0,01	0,00	0,01	0,02	0,06	0,11	0,18	0,28	0,41	0,57
0,02	0,00	0,01	0,05	0,11	0,21	0,36	0,56	0,82	1,14
0,03	0,00	0,02	0,07	0,17	0,32	0,54	0,85	1,23	1,71
0,04	0,00	0,03	0,10	0,22	0,43	0,72	1,13	1,64	2,28
0,05	0,00	0,04	0,12	0,28	0,54	0,90	1,41	2,06	2,86
0,06	0,00	0,04	0,14	0,34	0,64	1,08	1,69	2,47	3,43
0,07	0,00	0,05	0,17	0,39	0,75	1,26	1,97	2,88	4,00
0,08	0,00	0,06	0,19	0,45	0,86	1,44	2,26	3,29	4,57
0,09	0,00	0,06	0,22	0,50	0,96	1,62	2,54	3,70	5,14
0,10	0,00	0,07	0,24	0,56	1,07	1,80	2,82	4,11	5,71

роны. В этом случае полное расстояние до искомой точки  $M$  (см. рис. 21, б) равно

$$D_{MN} = T + S. \quad (6)$$

Соответствующее прямому участку трассы  $T_1$  превышение  $h_2$  плоскости  $\tau$  над точкой стояния  $N$  определяется по зависимости

$$h_2 = (1 - \cos \alpha) T_2 i_{\text{пр}}. \quad (7)$$

Рассчитанные по формуле (7) превышения  $h_2$  для протяженности  $T=100 \text{ м}$  сведены в табл. 4.

Таблица 4

$i_{\text{пр}}$	$\alpha, \text{град}$								
	10	20	30	40	50	60	70	80	90
	Превышения $h_2, \text{м}$								
0,01	0,02	0,06	0,13	0,23	0,36	0,50	0,66	0,83	1,00
0,02	0,03	0,12	0,27	0,48	0,71	1,00	1,32	1,65	2,00
0,03	0,05	0,18	0,40	0,72	1,07	1,50	1,97	2,48	3,00
0,04	0,06	0,24	0,54	0,95	1,43	2,00	2,63	3,30	4,00
0,05	0,07	0,30	0,67	1,17	1,78	2,50	3,29	4,13	5,00
0,06	0,09	0,36	0,80	1,40	2,14	3,00	3,94	4,95	6,00
0,07	0,11	0,42	0,94	1,64	2,50	3,50	4,60	5,78	7,00
0,08	0,12	0,48	1,07	1,87	2,86	4,00	5,26	6,60	8,00
0,09	0,14	0,54	1,21	2,11	3,21	4,50	5,92	7,43	9,00
0,10	0,15	0,60	1,34	2,34	3,57	5,00	6,58	8,26	10,00

В случаях, когда точка стояния  $N$ , с которой проверяется оптическая ясность винтовой кривой, выбрана на предшествующем прямом участке, полное превышение плоскости  $\tau$  над точкой  $N$  равно:

$$h = h_1 + h_2. \quad (8)$$



Возможность наблюдения оптической точки перегиба в последнем случае определяется одновременно, пользуясь таблицами 3 и 4. Угол  $\alpha$ , при котором точка винтовой кривой проектируется точкой перегиба, определяется исходя из продольного уклона  $i_{пр}$  и фактических величин  $R$  и  $T$  по условию

$$h_1 + h_2 = h_{гл} . \quad (9)$$

Фактическая величина  $R$  и  $T$  учитывается умножением  $h_1$  и  $h_2$  на соответствующий коэффициент. Например, если  $R=200$  м и  $T=150$  м, то они соответственно умножаются на коэффициенты 2,0 и 1,5.

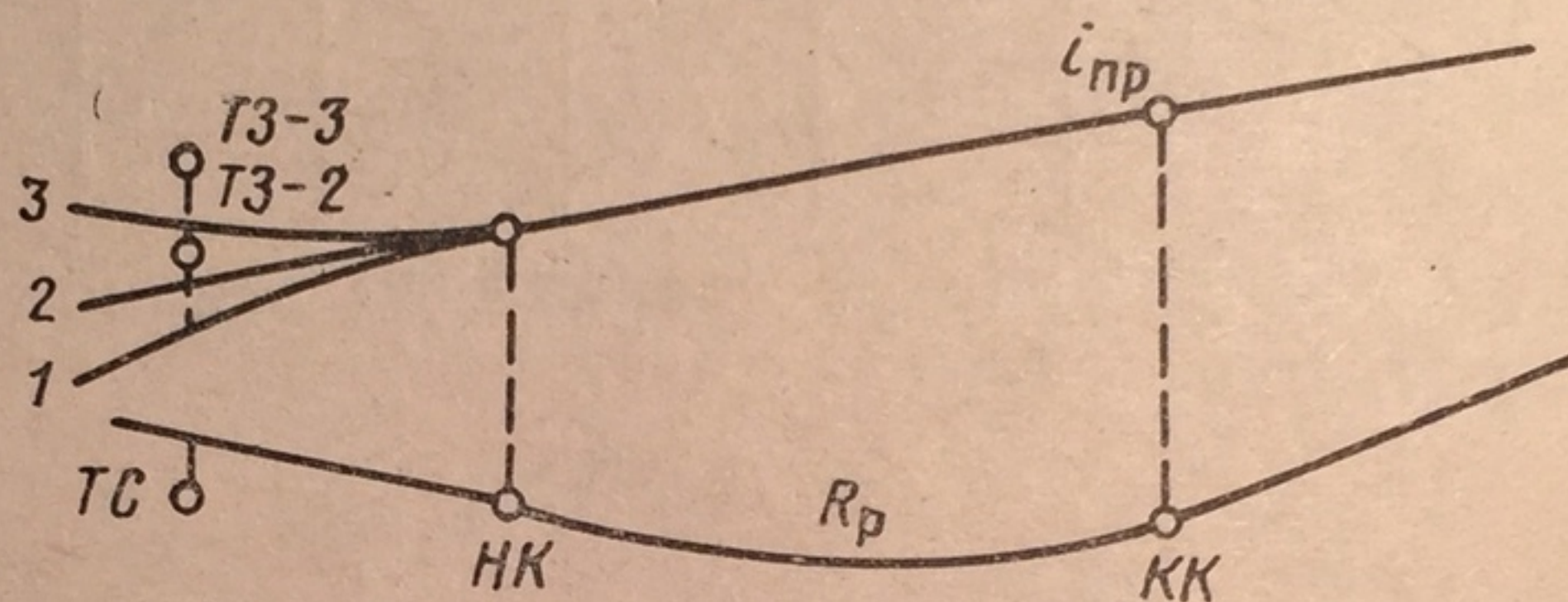


Рис. 22. Когда винтовой кривой предшествует вогнутая или выпуклая кривая, точка зрения повышается или понижается

Полное расстояние до точки перегиба определяется по формуле (6).

Если винтовой кривой предшествует выпуклая вертикальная кривая, то точка зрения понижается, и точка перегиба наблюдается ближе от НК. При предшествующей вогнутой кривой в связи с повышением точки зрения над уклоном кривой в плане оптическая точка перегиба отдалается (рис. 22). Высота глаза водителя над линией 2 в этих случаях определяется с учетом ординат вертикальной кривой.

При оптической проверке винтовой кривой необходимо учесть условия ее обозрения. Чтобы оптическая точка перегиба заметно выделялась, необходимым условием является достаточное продолжение кривой за этой точкой. Если оптическая точка перегиба закрывается боковыми или вертикальными ограничениями видимости или расстояние до нее большое, применение винтовой кривой приемлемо. Винтовая кривая при таких условиях практически рациональна в возможном интервале ее обозрения.

Появление оптического эффекта, заметно нарушающего плавность дороги в пределах нормативного расстояния видимости поверхности дороги, возможно на кривых с радиусом менее 800 м при их совпадении со значительным продольным уклоном.



В качестве примера определим расстояние до точки перегиба при условии, что точка зрения находится на прямом уклоне  $i_{\text{пр}} = 0,06$  на расстоянии 100 м перед началом кривой с радиусом  $R = 200$  м и 1,50 м выше проезжей части. Пользуясь таблицами 3 и 4, установим, что точка перегиба находится в секторе кривой между  $30$  и  $40^\circ$  от ее начала. Путем интерполяции определим, что при  $\alpha \approx 35^\circ$  превышения  $h_1 = 2 (0,14 + 0,10) = 0,48$  м и  $h_2 = 0,80 + 0,30 = 1,10$  м. Суммарное превышение  $h = 1,58 \approx 1,50$  м. При  $\alpha = 35^\circ$  и  $R = 200$  м длина дуги  $S = 122$  м. Следовательно, точка перегиба винтовой кривой находится примерно на расстоянии  $D = 100 + 122 = 222$  м перед водителем. Так как общая длина кривой 202 м, оптическая точка перегиба при условии открытой видимости будет заметной.

### Плоские кривые

Если при оптической проверке винтовой кривой, проводимой при помощи перспектив или по данным таблиц 3 и 4, констатируются неясные участки в виде выраженной обратной искривленности, целесообразна замена винтовой кривой плоской кривой.

Преобразование винтовой кривой постоянного шага на плоскую может быть осуществлено с помощью фронтальной проекции. За фронтальную плоскость проекции принимается плоскость  $ZOY$ , которая повернута против водителя, проезжающего по дороге.

Отнесем рассматриваемую кривую к прямоугольной системе координат так, чтобы начало координат  $O$  совпадало с началом кривой  $НК$ . Оси  $X$  и  $Y$  совмещаем с направлениями касательной  $t_1$  и нормали  $n_1$  к началу горизонтальной проекции кривой, ось  $Z$  принимается вертикальной (рис. 23). Касательная  $t$  и нормаль  $n$  определяют положение соприкасающейся плоскости  $\rho$ , продольный уклон которой в направлении оси  $X$  обозначается  $i_x$ . В точке  $НК$  уклон винтовой кривой  $i_{\text{пр}} = i_x$ .

Если направление проектирования  $s$  принимать параллельно плоскости  $\rho$ , то на фронтальной плоскости  $ZOY$  винтовая кривая проектируется в виде кривой переменной кривизны, которая определяется уравнениями:

$$\begin{aligned} y &= R(1 - \cos \alpha); \\ z' &= Ri_{\text{пр}}(\alpha - \sin \alpha), \end{aligned} \quad (10)$$

где  $R$  — радиус винтовой кривой в плане, м;

$\alpha$  — угол поворота трассы в рассматриваемой точке, считая от  $НК$ , радиан.

Преобразование винтовой кривой на плоскую может быть осуществлено проведением на плоскости  $ZOY$  горизонтальной







При выходе из кривой в точке  $KK$

$$i_{KK} = i_X \cos \alpha_{KK}. \quad (14)$$

Если величины  $z^1$  превышают по местным условиям допускаемые отступления от первоначально принятых отметок по прямому уклону, выдвигается необходимость провести корректирование по линии 2 через  $NK$  и  $KK$  (см. рис. 23).

Поперечный уклон плоскости общего положения  $\sigma$  относительно оси  $Y$  обозначается  $i_Y$  и определяется по формуле

$$i_Y = \frac{z'_{KK}}{y_{KK}}, \quad (15)$$

где  $y_{KK}$ ,  $z'_{KK}$  — координаты конечной точки кривой во фронтальной проекции по зависимости (10), м.

Знак  $i_Y$  определяется величинами  $k$  и  $z^1$ , которые могут иметь как положительные, так и отрицательные значения.

Проектные отметки в пределах кривой определяются по зависимости

$$H_S = H_{KK} + x_S i_X + y_S i_Y. \quad (16)$$

В начале кривой  $i_{НК} = i_X$ . По направлению кривой уклон проектной линии  $i_S$  меняется и при выходе из кривой в точке  $KK$  получает значение

$$i_{KK} = i_X \cos \alpha_{KK} + i_Y \sin \alpha_{KK}. \quad (17)$$

Следовательно, в конце кривой образуется перелом с первоначально принятым прямым уклоном, который при  $\Delta i > 3\%$  становится зрительно заметным и требует закругления.

В начале кривой остаются неизменными как первоначально принятая отметка, так и уклон проектной линии. В конце кривой сохраняется только отметка.

Используя оба выше рассмотренных способа корректирования, за исходную точку можно принимать не только  $NK$ , но и любую точку винтовой кривой (рис. 24, а). Наименьшие величины корректур винтовой кривой получаются при исходной точке  $СК$ . В этом случае как основные принимаются три положения плоскости сечения цилиндрической поверхности (рис. 24, в), т. е. прямое через  $t$  и  $n$  и общие через  $t$  и  $NK$  или  $t$  и  $NK$  (указанным положениям соответствуют линии 1, 2 и 3).

При корректировании проектных отметок соответственно плоскостью  $t$  и  $n$  (линия 1 на плоскость  $ZOY$ ) их величины определяются по зависимости

$$H_S = H_{СК} \pm x_S i_X, \quad (18)$$

где  $H_{СК}$  — проектная отметка в середине кривой, м;  
 $\pm x_S$  — абсциссы, считая от  $СК$ , м.



# Продольный уклон в начале и конце кривой

$$i_{HK} = i_{KK} = i_X \cos \frac{\alpha_{KK}}{2}. \quad (19)$$

Проектные отметки плоской кривой общего положения (линии 2 или 3) определяются по зависимости

$$H_S = H_{СК} \pm x_S i_X \pm y_S i_Y. \quad (20)$$

Как видно из рис. 24, в, корректирование по второму способу, например, соответственно плоскостью, проведенной через  $t$  и  $KK$  (линия 2), связано с малыми корректурами в интервале  $СК-KK$  и значительно большими в интервале  $HK-СК$ .

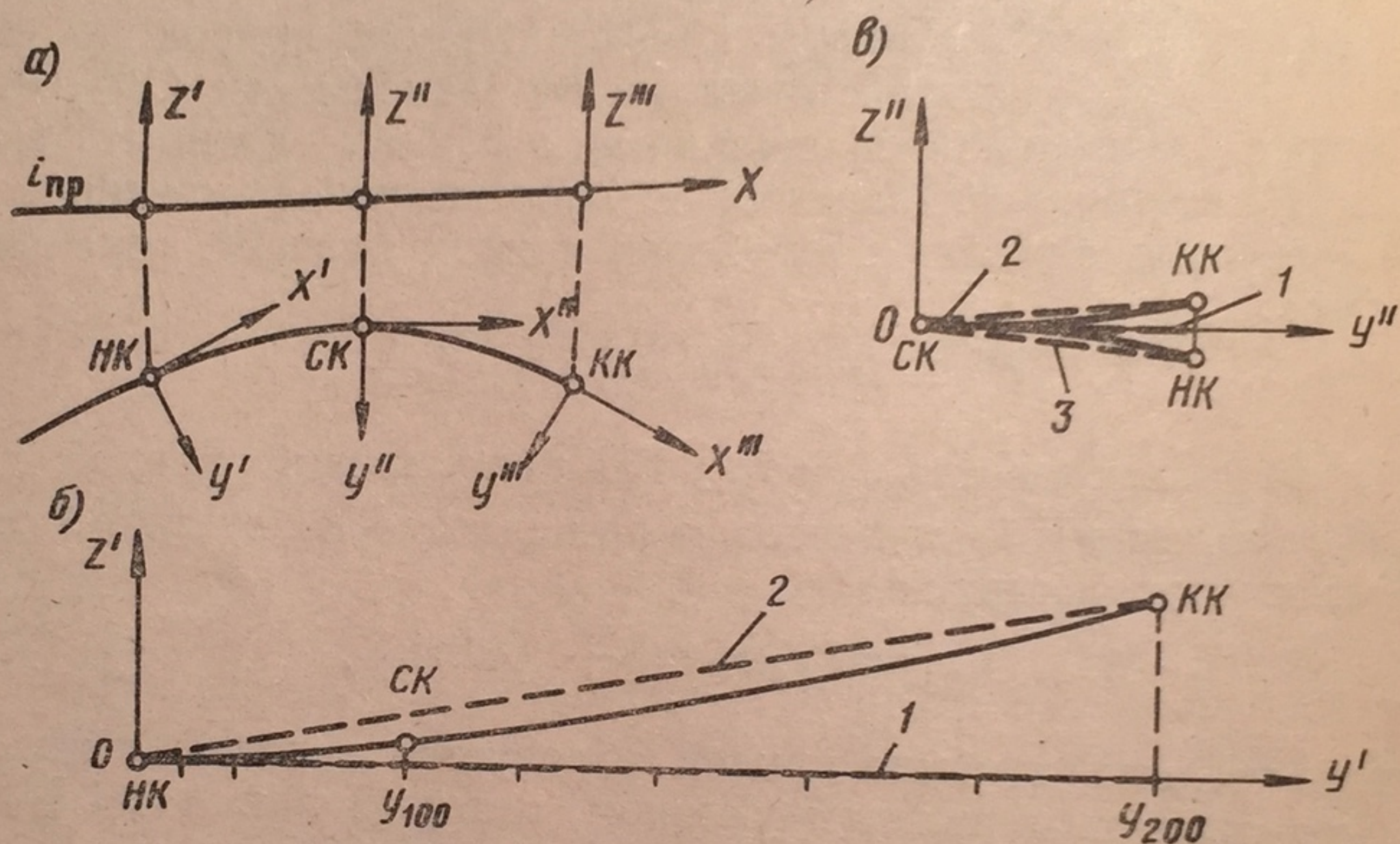


Рис. 24. Преобразование винтовых кривых на плоские: а — основные исходные точки для преобразования; б и в — соответствующие исходным точкам  $HK$  и  $СК$  проекции винтовых кривых и линии их корректирования (линии 1 по 3)

Если корректирование винтовой кривой проведено одновременно по линиям 2 и 3 (третий способ), то откорректированная кривая, проходящая через  $HK$ ,  $СК$  и  $KK$  будет расположена в двух плоскостях, повернутых вокруг касательной к точке  $СК$ . Проектные отметки соответственно примеру на рис. 24, в будут равны:

$$\begin{aligned} \text{в интервале } HK-СК \quad H_S &= H_{СК} - x_S i_X - y_S i_Y; \\ \text{в интервале } СК-KK \quad H_S &= H_{СК} + x_S i_X + y_S i_Y. \end{aligned} \quad (21)$$

Выше рассмотрены два основных положения плоскости сечения: прямое и общее через  $t$  и  $HK$  или  $KK$ . В случае целесообразности плоскость сечения может приниматься любого



общего положения, удовлетворяющего данную контрольную точку, которая спроектирована на плоскости  $ZOY$  параллельно плоскости  $P$ . Возможен еще и четвертый способ корректирования проведением одной плоскости сечения через точки  $НК$ ,  $СК$ ,  $КК$ . При этом уклон плоскости в направлении касательной в точке  $СК$  должен иметь величину

$$i_1 = \frac{h}{2R \sin \frac{\alpha}{2}}, \quad (22)$$

где  $h = Si_{пр}$  — превышение между точками  $НК$  и  $КК$  винтовой кривой, м.

Проектные отметки плоской кривой равны:

$$H_s = H_{ск} \pm x_s i_1, \quad (23)$$

где  $\pm x_s$  — абсциссы, считая от точки  $СК$ , м.

Продольный профиль, полученный в результате разворачивания сечения цилиндрической поверхности плоскостью, представляет собой синусоиду (рис. 25).

Если преобразование проведено по второму, третьему или четвертому способу, то откорректированная по синусоиде проектная линия проходит через точки  $КК$  и  $НК$ . В этих точках образуются переломы с первоначально проведенным прямым уклоном. Если местные условия допускают, проектная линия перед  $НК$  и за  $КК$  откорректируется под уклоны  $i_{нк}$  и  $i_{кк}$ . В таком случае кривая и подходы к ней размещаются на одной плоскости, чем обеспечивается наилучшая ее плавность в перспективе. Замена прямолинейной проектной линии на синусоидальную практически может быть целесообразной при малых радиусах и значительных продольных уклонах.

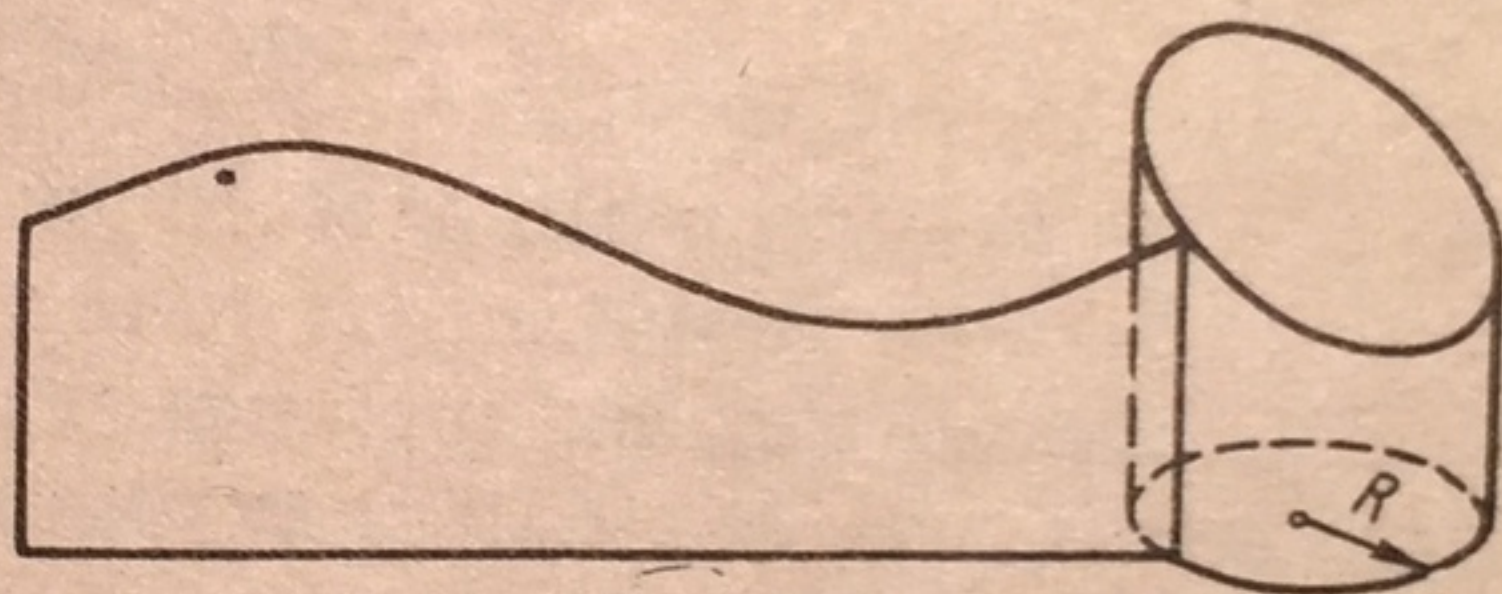


Рис. 25. Сечение цилиндрической поверхности плоскостью образует плоскую кривую, продольный профиль которой является синусоидой

### Вогнутые и выпуклые пространственные кривые

Спецификой проектирования трассы дороги является то, что ординаты кривых в плане  $y$  определяются как  $f(x)$ , а ординаты кривых в профиле  $z$  по направлению кривой в плане как  $f(S)$ . Чтобы в наиболее простом виде получить уравнения пространственных кривых, принимается, что  $S=x$ .



Сочетание, определенное круговой кривой в плане и в профиле, в общем случае является пространственной кривой. На плоскости  $ZOY$  кривая проектируется в виде гиперболы за исключением случая, когда  $R_v = R_p$ .

Допущение, что  $S=x$  только при угле поворота  $\alpha \cong 14^\circ$ , дает ошибку  $(S-x) : S = 0,01$ .

При больших радиусах ординаты круговых кривых мало отличаются от ординат параболы. Ниже приведены протяженности кривых  $S$ , при которых разница ординат круговой кривой и параболы  $\Delta y$  достигает 0,01 и 0,10 м.

$R$ , тыс. м	0,2	0,25	0,4	0,6	0,8	1,0	1,5	2,0	2,5	4,0	5,0
$S$ , м при:											
$\Delta y = 0,01$ м	30	40	51	55	70	80	120	140	160	210	260
$\Delta y = 0,10$ м	50	60	85	115	150	170	200	280	360	450	560

При совершенном совмещении начальных точек парабол в плане и профиле кривая в пространстве определяется уравнениями (принято  $i_{нк} = 0\%$ ):

$$\begin{aligned} x^2 &= 2y R_p; \\ S^2 &= 2z R_v, \end{aligned} \quad (24)$$

где  $x, y$  — координаты точек кривой в плане, м;  
 $S, z$  — координаты точек кривой в профиле, м;  
 $R_v, R_p$  — параметры парабол плана и профиля, м.

Принимаем, что  $S=x$ . Исключая из уравнений (24) переменную  $x$ , получаем функциональную зависимость

$$z = \frac{R_p}{R_v} y. \quad (25)$$

Так как на плоскости  $ZOY$  кривая проектируется в виде прямой линии с угловым коэффициентом  $R_p/R_v$  (см. рис. 9, г), то сама кривая является плоской. Сочетание круговой кривой в плане с круговой кривой в профиле, которое начинается с горизонтального участка при больших радиусах является кривой, близкой к плоской.

На рис. 9, г дано совершенное сочетание вертикальной и горизонтальной кривых, изображенных на рис. 9, а, в; на рис. 9, д дано совершенное сочетание кривых, изображенных на рис. 9, б, в. Из рисунков видно, что направленность этих кривых в перспективах соответствует их действительному направлению в плане, т. е. кривые воспринимаются оптически ясными.

Если вертикальная кривая начинается на продольном уклоне, то ее сочетание с кривой в плане образует винтовую кривую. Последняя может быть рассмотрена как сложение плоской кривой, которую определяют уравнения (24), и винтовой кривой постоянного шага (рис. 26). В связи с влиянием последней составной части может создаваться более или менее выраженная

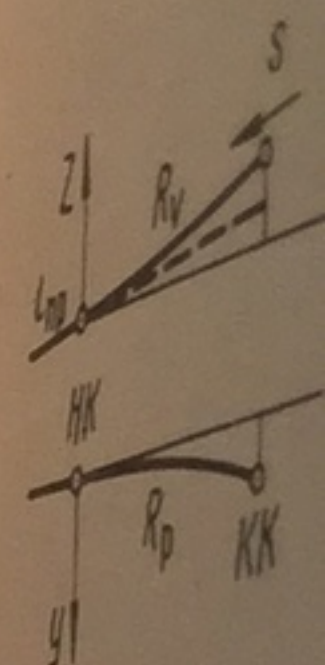


Рис. 26. Фронтал

Оптический а...  
 что совершенное...  
 выпуклыми крив...  
 совпадали, практ...  
 роги в перспекти...  
 Возможность с...  
 циях обеспечивает...  
 нии путем совме...  
 переломами рельс...  
 ными местами и...  
 Следует стрем...  
 тых круговых кр...  
 быть допущены т...  
 среднем до 20 м...  
 являются выпукл...  
 вертикальной кри...  
 нарушает.  
 Опытное прое...  
 что достижение р...  
 В практике про...  
 сочетания кривых...  
 ный пример — соч...  
 вставки в плане с...



неясность участка кривой в перспективе в связи с появлением оптической точки перегиба. В случае необходимости винтовая кривая может быть откорректирована на плоскую. Поскольку сложением (или вычитанием) апликат  $z$  двух плоских кривых также образует плоскую кривую, преобразованная кривая будет оптически ясной.

Нарушение плавности в связи с обратной искривленностью станет заметной при малых радиусах и больших продольных уклонах. Поэтому при проектировании нет необходимости вводить упомянутую корректуру при больших радиусах кривых.

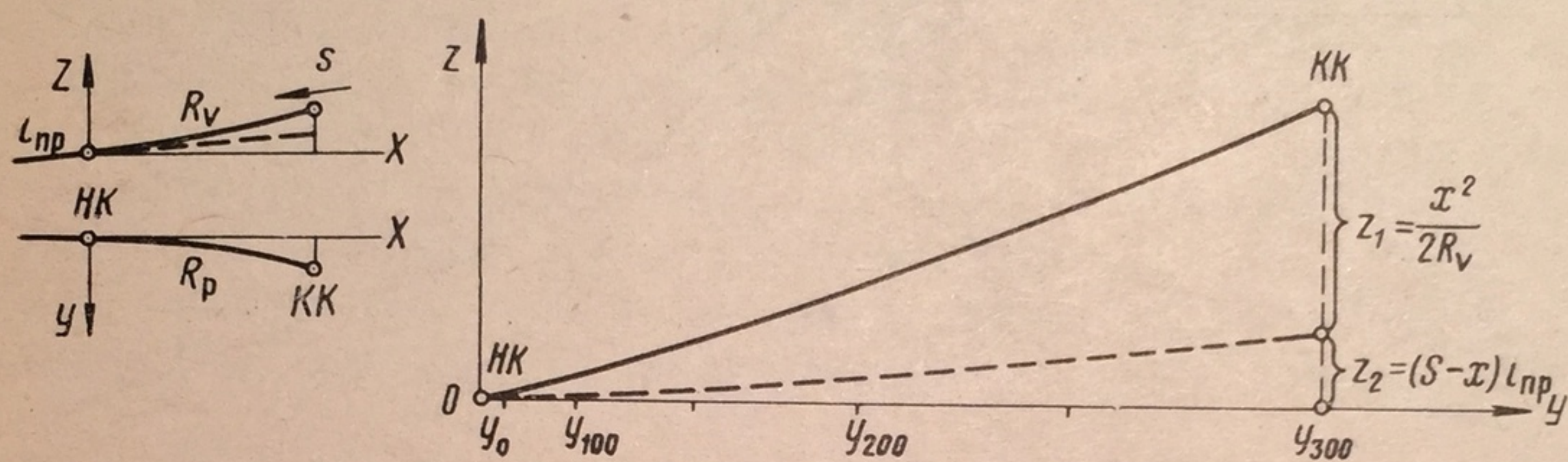


Рис. 26. Фронтальная проекция вогнутой пространственной кривой, начинающаяся на уклоне

Оптический анализ и наблюдения на дорогах подтверждают, что совершенное совмещение кривых в плане с вогнутыми или выпуклыми кривыми в профиле так, чтобы их начала и концы совпадали, практически обеспечивает оптически ясный вид дороги в перспективе.

Возможность согласования размеров кривых в обеих проекциях обеспечивается при камеральном или полевом трассировании путем совмещения углов поворота в плане с основными переломами рельефа местности, т. е. водоразделами, пониженными местами и т. д.

Следует стремиться к достаточно точному сочетанию вогнутых круговых кривых с круговыми кривыми в плане. Могут быть допущены только мелкие неувязки протяженностью в среднем до 20 м, малозаметные в перспективах. Исключением являются выпуклые кривые, поскольку перекрытие выпуклой вертикальной кривой с кривой в плане плавности дороги не нарушает.

Опытное проектирование, проведенное автором, показало, что достижение рационального сочетания кривых плана и продольного профиля возможно в большинстве случаев.

В практике проектирования часто создается необходимость сочетания кривых переменной и постоянной кривизны. Типичный пример — сочетание сопряженных клотоид без круговой вставки в плане с круговой кривой в профиле.



Как видно из перспективного изображения (рис. 27), точное совмещение начала клотоиды в плане с началом круговой кривой в профиле приводит к искажению плавности дороги. При проверках участков при помощи перспектив оказалось,

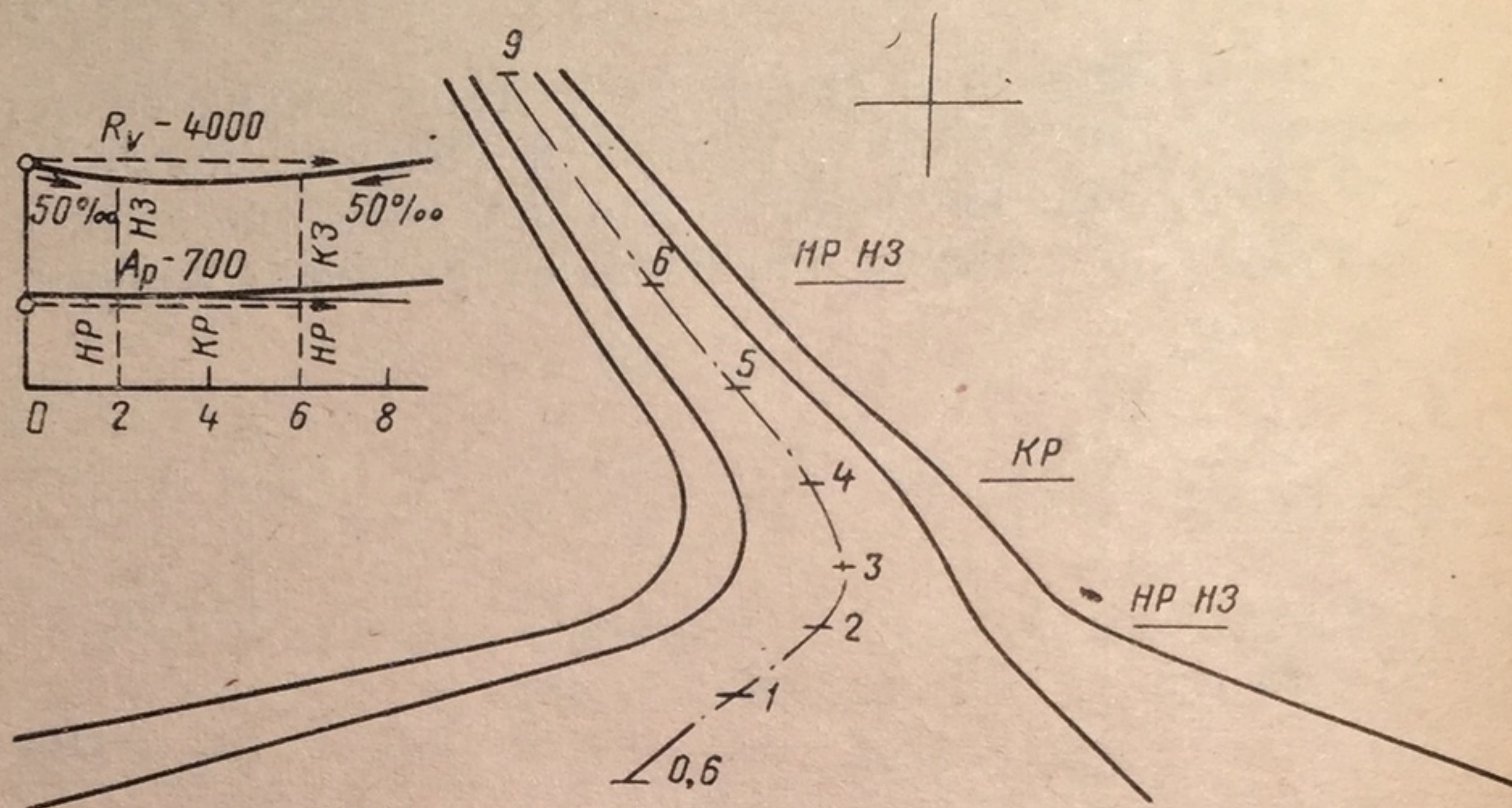


Рис. 27. Точное сочетание клотоиды в плане с круговой кривой в профиле приводят к оптическим искажениям дороги. НР и КР — начало и конец клотоиды в плане

что оптические искажения уменьшаются в случаях, когда вертикальная круговая кривая перекрывается клотоидой в плане.

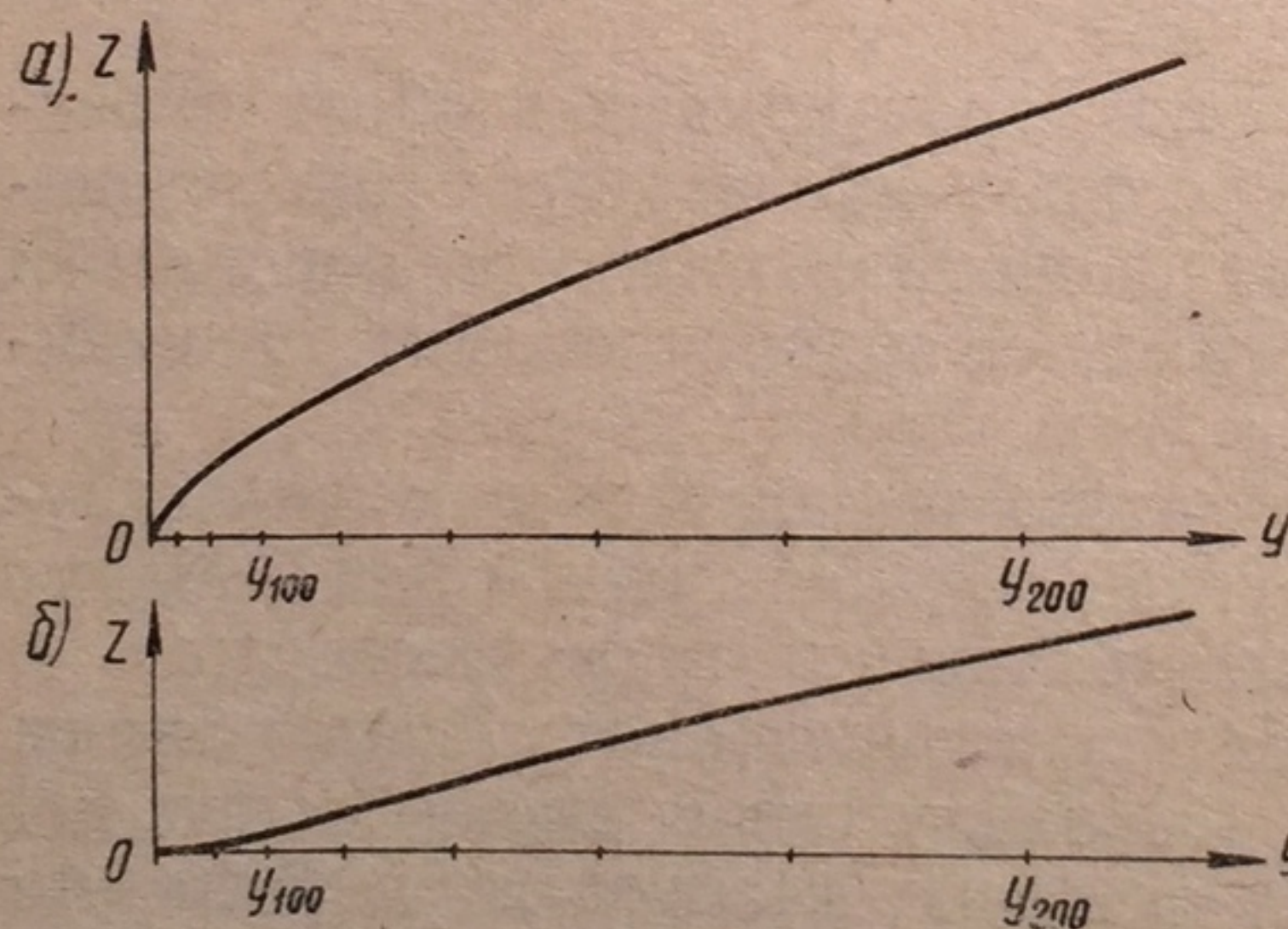


Рис. 28. Фронтальная проекция сочетания, образуемого кубической параболой в плане с параболой в профиле: а — при совмещении начал; б — при сдвиге начал

Для определения оптимальных величин смещений между НПК и НВК использовались проекции рассматриваемых пространственных кривых на плоскость  $ZOY$ .

При точном совмещении начала кубической параболы в плане и параболы в профиле (при  $i_{нк}=0$ ) график пространственной кривой на плоскость  $ZOY$  (рис. 28, а) определяется функциональной зависимостью

$$z = C_1 y^{2/3} . \quad (26)$$

График кривой, определенной кубической параболой в профиле и параболой в плане на плоскость  $ZOY$ , определяется зависимостью

$$z = C_2 y^{3/2} , \quad (27)$$



где  $C_1 = \frac{9A_p^2}{2R_v^3}$ ;  $C_2 = \frac{2R_v^3}{9A_v^2}$ ;

$R_p$  — параметр параболы в плане, м;

$R_v$  — параметр параболы в профиле, м;

$A_p$  — параметр переходной кривой в плане, м;

$A_v$  — параметр переходной кривой в профиле, м.

Допущение, что  $L=x$  только при угле между тангенсами клотоиды  $\beta=18^\circ$ , дает ошибку  $(L-x):L=0,01$ .

Учитывая, что ординаты клотоиды при небольших углах поворота мало отличаются от ординат кубической параболы, приведенные зависимости дают достаточно полное представление о сочетаниях, образуемых клотоидой и параболой.

Оптимальные величины смещений круговой кривой за начало клотоиды  $\delta$  были определены, используя проекцию кривой на плоскость  $ZOY$ . Постепенно увеличивая  $\delta$ , находили их величины, при которых достигается наилучшее выпрямление графика кривой (рис. 28, б). Определенные таким образом смещения  $\delta$  в зависимости от параметра  $A$  приведены ниже:

$A, м$	200	300	400	500	600	1000	2000
$\delta, м$	40	50	60	70	80	90	100

В случае устройства виража  $\delta$  увеличивается на 20—40 м. При учете смещений  $\delta$  искажения дороги в перспективе сглаживаются и становятся незаметными. Наилучшее сочетание в этом случае может быть достигнуто применением клотоид в обеих проекциях, совмещая их начальные точки.

Сравнивая фронтальные проекции плоских и пространственных кривых (см. рисунки 9, 23 и 28), видно, что проекции плоских кривых являются вертикальными, горизонтальными или наклонными прямыми, а проекции пространственных кривых — кривыми. Перспективные изображения плоских кривых — оптически ясные, а пространственных кривых — более или менее неясные. Из этой зависимости следует, что фронтальная проекция кривой может быть использована критерием рациональности.

Рациональными во всех случаях являются элементы трассы, отображающиеся во фронтальной проекции точкой или прямой кривой линии.

Достаточно рациональными могут быть признаны также кривые, проекции которых близки к прямой линии.

Преимуществом параллельных фронтальных проекций при анализе оптической ясности сочетаний и элементов трассы является возможность их конструирования, непосредственно используя таблицы прямоугольных координат кривых. Кроме того, введение необходимых корректур и подсчет их величин можно осуществлять одним приемом.



## § 7. УЛУЧШЕНИЕ НЕСОВЕРШЕННЫХ СОЧЕТАНИЙ КРИВЫХ ПЛАНА И ПРОФИЛЯ

На местности со сложной ситуацией, а также при реконструкции существующих дорог нередко не удастся совмещение поворотов в плане с основными вертикальными переломами, т. е. создается смещение вершин кривых  $\delta_n$ . Если у проектировщиков нет топографических карт достаточно мелкого масштаба, то по ходу полевого трассирования затруднено определение рациональной протяженности элементов профиля, чтобы с их учетом принимать длины элементов плана. Вследствие этого, принятые длины кривых в плане часто не соответствуют определенным при проектировании профиля рациональным длинам вертикальных кривых и этим создаются несовершенные сочетания.

Как ассиметричные, так и симметричные сочетания могут быть несовершенными (см. табл. 1). При оптическом анализе принятых проектных решений в первую очередь по величинам  $\delta_n$ ,  $\delta_k$  и  $k_a$  рассматривается необходимость введения улучшений. Возможности улучшения несовершенных сочетаний устанавливаются в основном по показателю асимметрии  $k_a$ , а также по  $\delta_n$  и  $\delta_k$ .

В зависимости от величины  $k_a$  удовлетворяющая плавность дороги может быть достигнута при учете нижеприведенных рекомендаций.

В случаях, когда  $k_a \cong 0$ , но кривая в плане оказывается короче рационально запроектированной длины вертикальной кривой ( $k_s > 1,0$ ), камерально увеличивается радиус кривой в плане с условием, чтобы размеры кривых в плане и профиле совпадали. Увеличение радиусов кривых плана в большинстве случаев оказывается возможным и не отражается на объемах работ. Если в плане применены клотоиды, то при сочетании стремятся достичь оптимального смещения  $\delta$  (см. стр. 37).

В случаях, когда в плане применена круговая кривая и  $k_a < 0,08$ , согласование размеров кривых может быть достигнуто применением в профиле отрезка клотоиды или составной круговой кривой, совмещающей начало и конец кривых в обеих проекциях.

Рассмотрим возможности согласования начальных и конечных точек кривых плана с кривыми в профиле при  $k_a > 0,08$  и  $\delta_k \cong 0$ . Следует различать два случая: первый, когда в плане применена круговая кривая, второй — в плане запроектированы клотоиды с круговой вставкой. На рис. 29 приведены варианты сочетаний круговой кривой в плане с круговой кривой, составной круговой кривой и клотоидой в профиле для случая, когда  $k_a = 0,11$ .

На рис. 30, а, б, в приведены соответствующие вариантам перспективные изображения из точки зрения 1. Наиболее не-

спокойный  
ний, при ко  
Перспект  
рительна, хо  
кривой.  
На рис.  
прямом и об  
ность участ  
мы земляны  
антом.

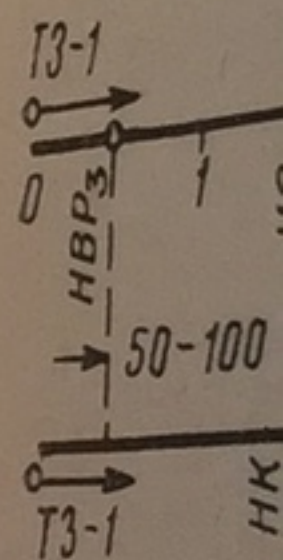


Рис. 29. Сочетания кривыми и

1 — круговая  
3 — клотоида

Установлен  
ния могут быт  
 $k_a < 0,12$ . Сле  
сочетания  $k_a$   
сование разме  
менением клот  
дует добиться  
начало кругов  
круговой крив  
см. § 8).  
Если в пл  
квивыми, след  
перекрывает  
Схема сочетан  
кам зрения ТЗ  
б, в, могут бы



спокойный вид дороги получается при первом варианте сочетаний, при котором  $k_R = 1,5$ .

Перспектива, соответствующая второму решению, удовлетворительна, хотя заметна пологая просадка во второй половине кривой.

На рис. 30, в, г, изображен третий вариант при взгляде в прямом и обратном направлении из точек зрения 1 и 2. Плавность участка по третьему варианту наилучшая, а также объемы земляных работ меньше по сравнению со вторым вариантом.

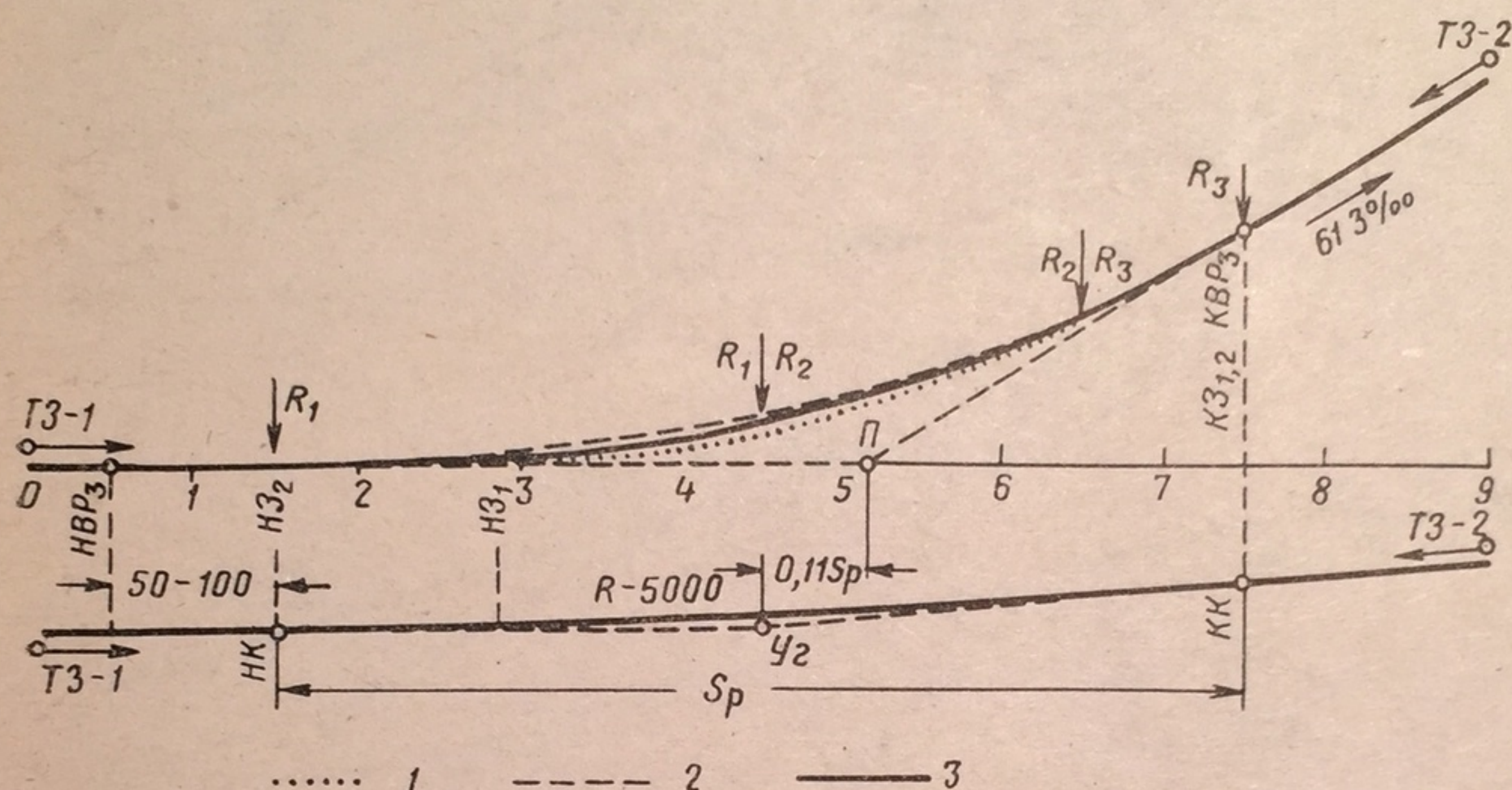


Рис. 29. Схемы сочетания круговой кривой в плане с круговыми кривыми и клотоидой в профиле. Варианты вертикальных закруглений:

1 — круговая  $R = 7500$  м; 2 — круговые  $R_1 = 15000$  м,  $R_2 = 10000$  м,  $R_3 = 4700$  м; 3 — клотоида  $A = 2000$ ,  $R_H = \infty$ ,  $R_K = 5720$  м,  $HBP$  и  $KBP$  — начало и конец вертикальной клотоиды (радиоиды)

Установлено, что асимметричные перекрывающиеся сочетания могут быть преобразованы на совершенные при значениях  $k_a < 0,12$ . Следовательно, для случаев, когда асимметричность сочетания  $k_a$  в пределах  $0,08—0,12$  и  $\delta_k \approx 0$ , наилучшее согласование размеров кривых в обеих проекциях достигается применением клотоиды в продольном профиле. При сочетании следует добиться, чтобы начало клотоиды в профиле перекрывало начало круговой кривой, а конец клотоиды совпадал с концом круговой кривой. (Расчет элементов вертикальной клотоиды см. § 8).

Если в плане применена круговая кривая с переходными кривыми, следует добиваться, чтобы начала переходных кривых приблизительно совпадали, а конец клотоиды в профиле был перекрыт клотоидой в плане на величину, указанную на стр. 37. Схема сочетания приведена на рис. 31, а. Соответствующие точкам зрения ТЗ-1 и ТЗ-2 перспективы, приведенные на рис. 31, б, в, могут быть признаны вполне удовлетворительными.



Согласование вертикальной кривой с кривой в плане при смещении их вершин  $\delta_n$  может быть также достигнуто заменой в плане симметричного закругления, принятого при полевом трассировании, асимметричным закруглением, состоящим из

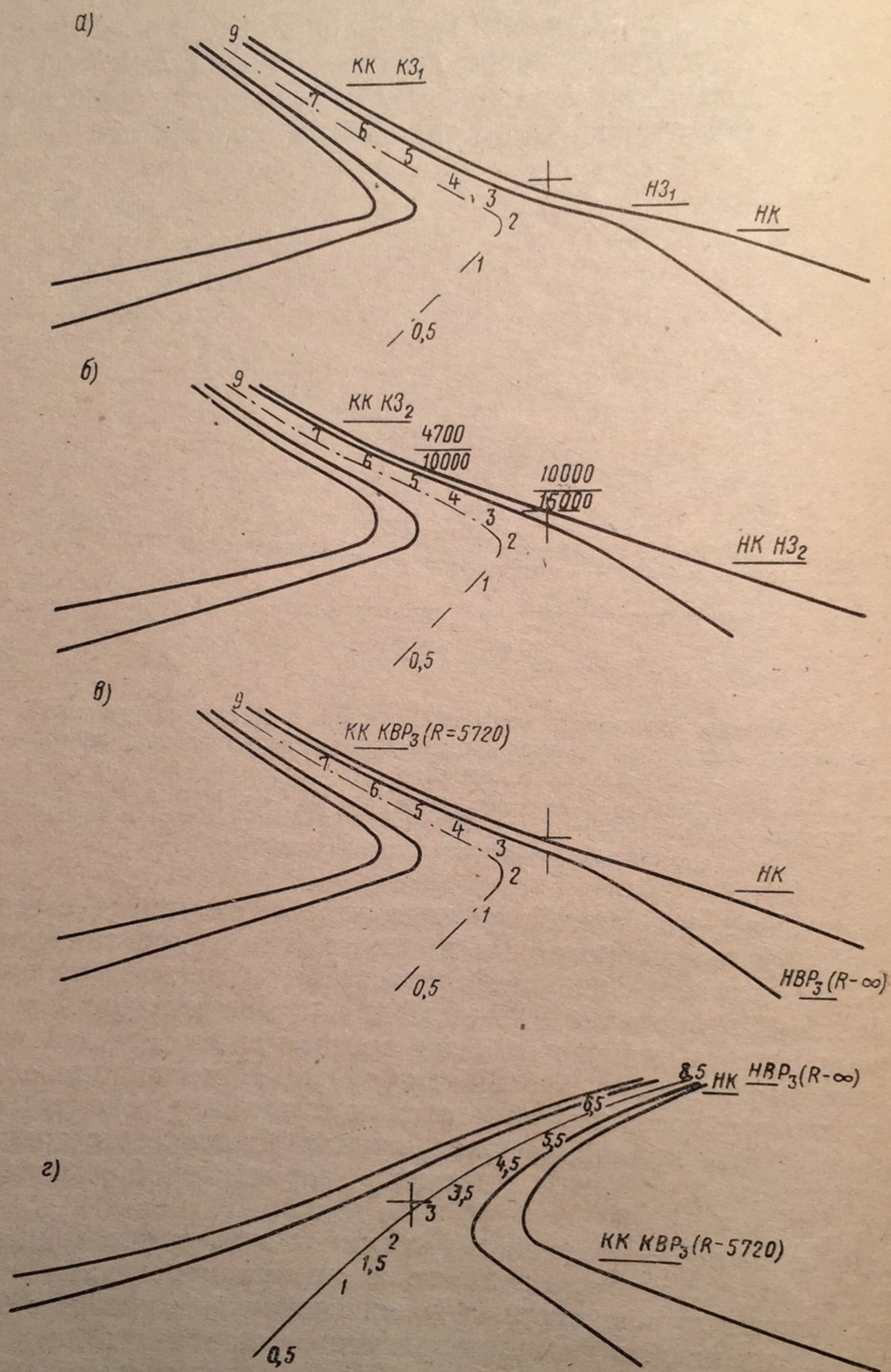


Рис. 30. Перспективы, соответствующие приведенным вариантам сочетаний



клотоид и круговой вставки или только из сопряженных асимметричных клотоид.

Значительно смещенные сочетания ( $k_a > 0,12$ ), а также сочетания, при которых вертикальная кривая выходит из пределов

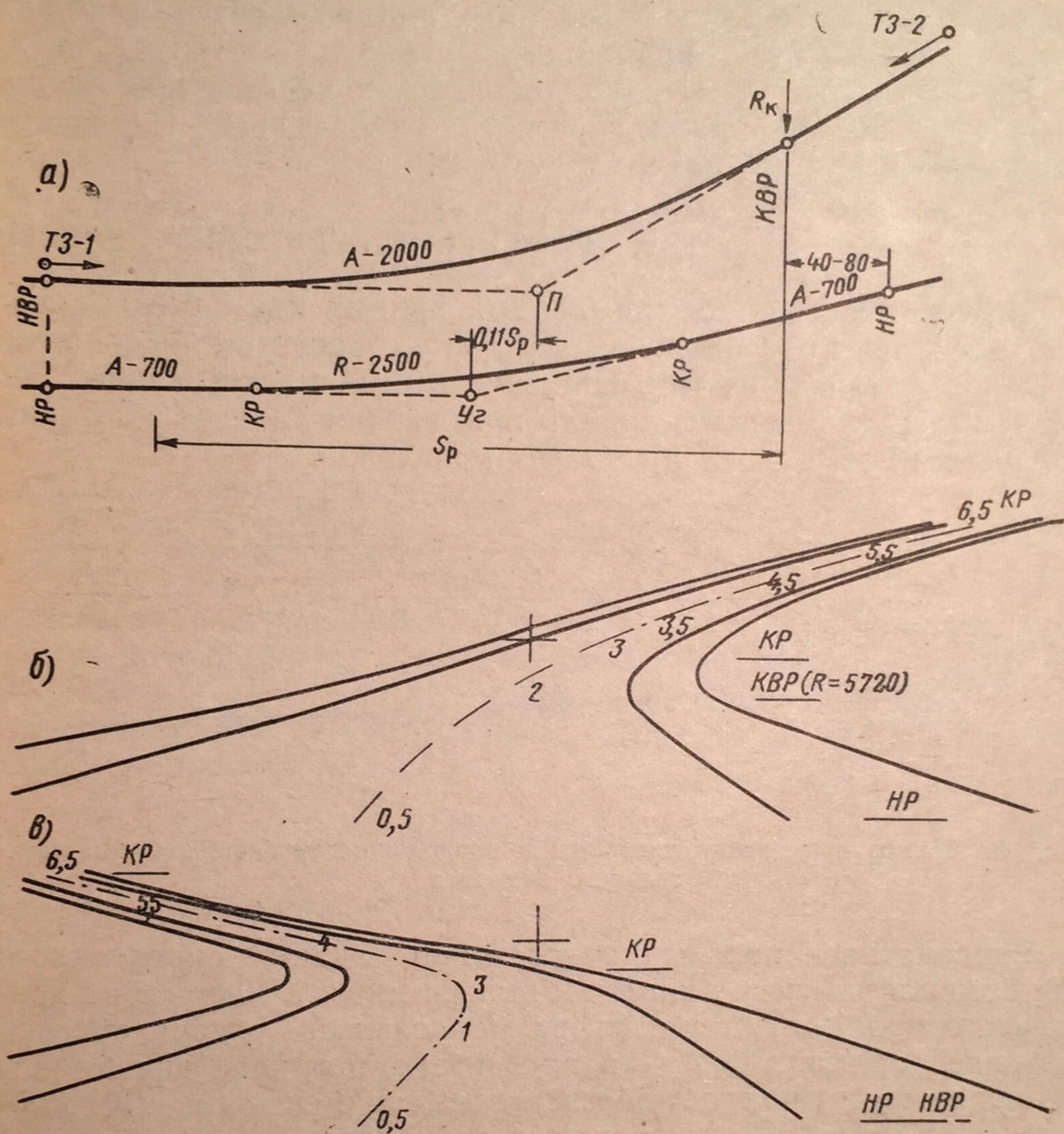


Рис. 31. Схема сочетания клотоид с круговой вставкой в плане с клотоидой в профиле

кривой в плане, могут быть допущены при  $k_R > 6$ . Следует добиваться, чтобы элементы трассы, образовавшиеся в результате невозможности совершенного сочетания, имели протяженность не менее 200—300 м.

Если кривые значительно смещены, но  $k_R < 6$ , улучшение плавности достигается заменой круговой кривой в профиле клотоидой (см. рис. 32).



Следует по возможности избегать сочетаний волнообразного или ломаного профиля с кривой в плане. При мелкой волнистости рельефа (до 2—3 м) проектная линия обычно проводится по секущей. Если в зоне обзора имеется несколько элементов трассы (последовательность кривых или кривых и прямых участков), их стремятся объединять при возможности одной вертикальной вогнутой кривой.

При сочетании кривых не допускается совмещение начала кривой в плане (или точки перегиба) с наивысшими и низшими точками закруглений (где  $i_{пр} = 0\%$ ).

## § 8. ПРИМЕНЕНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ КРИВЫХ

Применение длинных переходных кривых как самостоятельного элемента трассирования Латдоравтопроектком было начато в 1961 г. при проектировании некоторых магистральных дорог. На рис. 32 приведен пример применения длинной клотоиды большого параметра в продольном профиле.

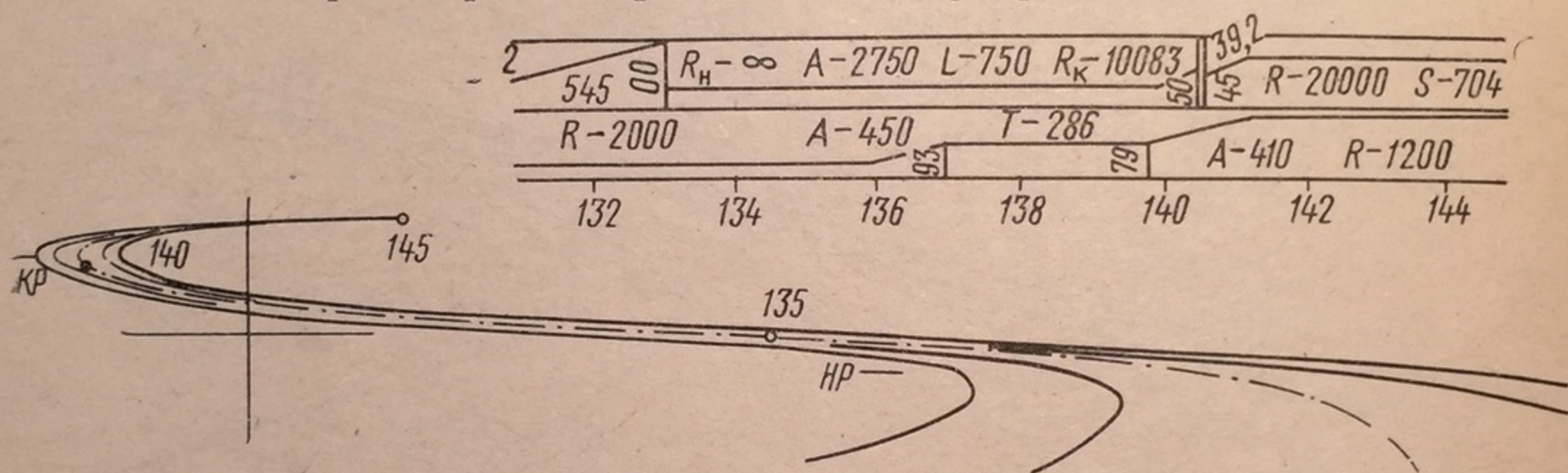


Рис. 32. Пример применения клотоиды в продольном профиле как самостоятельного элемента

Рациональное положение проектной линии определялось при помощи шаблонов клотоид, вычерченных в масштабах продольного профиля, базируясь на продольный уклон предшествующей прямой  $i_1 = 2\%$  в профиле. Наилучшее вписывание в продольный профиль обеспечилось применением клотоиды параметром  $A = 2750$  м, принимая за начало пк 133. Конечной точкой клотоиды принимался пк 140,5.

Так как параметр и длина клотоиды определены, то конечный радиус на пк 140,5 можно определить по зависимости  $A^2 = RL$

$$R_k = 7562500 : 750 = 10083 \text{ м.}$$

Согласно СНиП II-Д.5-62 минимальный радиус вертикальной вогнутой кривой для II категории дорог в пересеченной местности 10 000 м, т. е. примененная клотоида удовлетворяет требованиям СНиП на всем протяжении.

Для расчета элементов клотоид удобны таблицы А. Кренц и Н. Остерлох [27], выписки из которых приведены в брошюре



М. С. Замахаева «Переходные кривые на автомобильных дорогах».

Вход в таблицы в данном случае возможен по показателю соотношения  $A/R_k = 2750 : 10083 = 0,2727$  или по соотношению любого известного элемента  $x, y, T_m$  к конечному радиусу  $R_k$ . Остальные элементы клотоиды определяются умножением величин элементов единичной клотоиды ( $r=1$ ), данных в таблицах на конечный радиус  $R_k = 10083$  м:

абсцисса конца клотоиды  $x_k = 0,074370 \times 10083 = 750$  м;

ордината конца клотоиды  $y_k = 0,000922 \times 10083 = 9,30$  м;

большой тангенс клотоиды  $T_B = 0,049590 \times 10083 = 500$  м;

малый тангенс клотоиды  $T_m = 0,024797 \times 10083 = 250$  м;

угол  $\beta = 2^\circ 07' 51''$  соответствует  $\Delta i = 37,2^\circ_{00}$ .

При выходе из вертикальной клотоиды в точке КВР продольный уклон имеет значение

$$i_2 = i_1 + \Delta i = 2^\circ_{00} + 37,2^\circ_{00} = 39,2^\circ_{00}.$$

Разбивка вертикальной клотоиды производится от ее начала по прямоугольным координатам клотоиды для параметра  $A = 2750$  м.

Проектные отметки в пределах вертикальной клотоиды определяются по формуле

$$H_L = H_{KK} + L i_1 + y_L, \quad (28)$$

где  $L$  — расстояние по клотоиде от ее начала, м;

$i_1$  — продольный уклон большого тангенса, м;

$y_L$  — ординаты клотоиды, соответствующие длине  $L$ , м.

Второй характерный случай, когда исходными данными являются местоположение и величина угла перелома  $\Delta i$ , длина одного из тангенсов клотоиды, например,  $T_m$  (рис. 33). Длина тангенсов клотоиды часто определяется стремлением к непосредственному сопряжению концов смежных вертикальных кривых. В дальнейшем примере угол  $\Delta i = 0,0299$  радиан и  $T_m = 144$  м.

Выражая угол перелома  $\Delta i$  в градусах, получаем  $\beta = 1^\circ 42' 46''$ . По углу  $\beta$  находим соответствующую строчку в таблицах элементов клотоид.

Исходя из величины короткого тангенса единичной клотоиды  $T_m/R_k = 0,019920$  и подставляя в этой зависимости известную величину  $T_m = 144$  м, определяем  $R_k = 144/0,01992 = 7220$  м.

Параметр клотоиды  $A = 0,24444 \times 7220 = 1763$  м. Определенное значение  $A$  округляется на ближайшее значение, для которого в таблицах клотоид даны прямоугольные координаты.



Чтобы  $T_m$  не получился больше исходного и не перекрывал тангенс смежной кривой, при округлении значение  $A$  уменьшается. Принимаем  $A=1700$  м и уточняем  $R_k = 1700/0,24444 = 6950$  м.

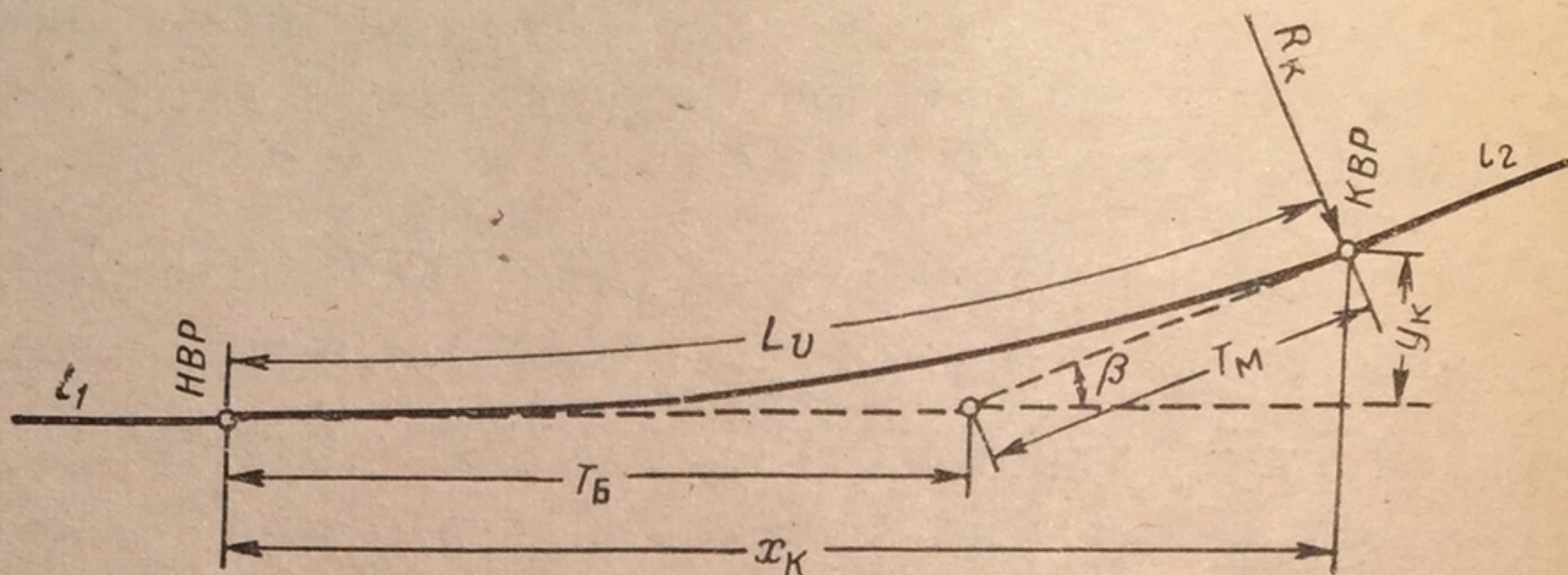


Рис. 33. Основные элементы вертикальной клотоиды

Остальные необходимые по ходу проектирования элементы клотоиды  $L_x, y, T_b$  определяются умножением элементов единичной клотоиды на  $R_k$  в вышеприведенном порядке.

Величины  $T_b$  и  $T_m$  используются для определения  $HBR$  и  $KBR$ . В продольном профиле необходимо отметить только следующие характеристики клотоиды  $R_n, A, L, R_k$  (см. рис. 32).

Опыт проектирования подтвердил, что наиболее приемлемым средством достижения зрительной плавности при больших расстояниях восприятия основной кривой являются длинные переходные кривые большого параметра.

Этим достигается необходимое приближение начала закругления к пределу восприятия при наименьшей длине биссектрисы.

Применением клотоид достигается наиболее удачная увязка дороги с рельефом в плане и в профиле, что приводит к уменьшению объемов земляных работ.

## § 9. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОТГОНОВ ВИРАЖЕЙ С УЧЕТОМ ОПТИЧЕСКОЙ ПЛАВНОСТИ

Проектирование трассы в плане и профиле направлено только на формирование пространственно ясной и плавной линии — оси дороги.

На участках без виражей, а также в пределах полного виража геометрический характер кромок проезжей части сохраняется аналогичным оси дороги. На этих участках обеспечение плавности оси дороги является достаточным условием плавности всей проезжей части.



Нарушение плавности проезжей части нередко наблюдается в пределах переходной кривой в связи с наличием двух дополнительных переломов в начале и конце отгона виража. Поэтому проектирование отгонов виражей требует дополнительного внимания.

Методы проектирования отгонов виражей с обеспечением оптической плавности проезжей части до сих пор недостаточно разработаны, особенно в случаях, когда отгон виража совмещен с началом или концом вертикальной кривой.

М. Гос и В. Веселы [11] предлагают для улучшения плавности кромок проезжей части заменить обратные вертикальные кривые, образующиеся в пределах отгона виража, вставкой общих касательных и закруглить перелом одной круговой кривой. После вычерчивания всех возможных вариантов поворота проезжей части вокруг оси, внутренней или внешней кромки выбирается решение, при котором выявляется наиболее плавное очертание кромок.

Согласно СНиП отгон виража должен осуществляться прямолинейно на продольном профиле в пределах переходной кривой поворотом плоскости проезжей части вокруг ее внутренней кромки. Оптический анализ показывает, что на участках дороги, где размещены отгоны виражей, запроектированные согласно требованиям СНиП, наблюдаются заметные переломы или искривления внешней кромки проезжей части. Эти искажения приводят водителей к неуверенности в приспособлении дороги к высокой скорости движения.

В целях обеспечения оптической плавности дороги предлагается отгон виража осуществлять прямолинейно во фронтальной плоскости проекции  $ZOY$  в противоположность существующему методу, по которому отгон проектируется прямолинейно в продольном профиле. При проектировании отгонов виражей по нижеизложенному методу исходят из принятых в плане и профиле  $A_p$ ,  $R_p$ ,  $R_v$  и  $\delta_n$ . Определяемыми величинами остаются начало, конец и форма отгона виража. Следует отметить, что наиболее удачное решение отгона виража достигается при смещениях  $\delta$  (см. стр. 37), увеличенных в зависимости от уклона виража примерно на 20—40 м.

Изложение метода иллюстрировано конкретным примером. При составлении рисунков 34—39 приняты  $A_p = 425$  м,  $R_p = 600$  м,  $R_v = 5000$  м и смещение между НПК и НВК  $\delta_n = 120$  м (см. рис. 34). В примере принят  $i_{пр} = 30\%$ . Для кривой  $R_p = 600$  м нормативный по СНиП уклон виража  $i_v = 60\%$ . Ширина проезжей части  $b = 7,5$  м. Переходная кривая по клотоиде имеет длину  $L = 301$  м. Исходным базисом для высотной разбивки отгонов виражей обычно принимается внутренняя кромка. Учитывая, что в неразвернутом положении (при двухскатном поперечном профиле) высотные отметки внешней кромки соответствуют отметкам внутренней кромки, исходной ли-



нией для расчета превышений линии отгона принимается внешняя кромка. Для простоты расчетов длина и очертание внешней кромки принимаются по клотоиде, разбитой по оси дороги. Проектирование отгонов виражей проводится в следующей последовательности. Кривая, которую образует внешняя кромка проезжей части в неразвернутом положении, проектируется в прямоугольной системе координат на плоскость  $ZOY$ , которая

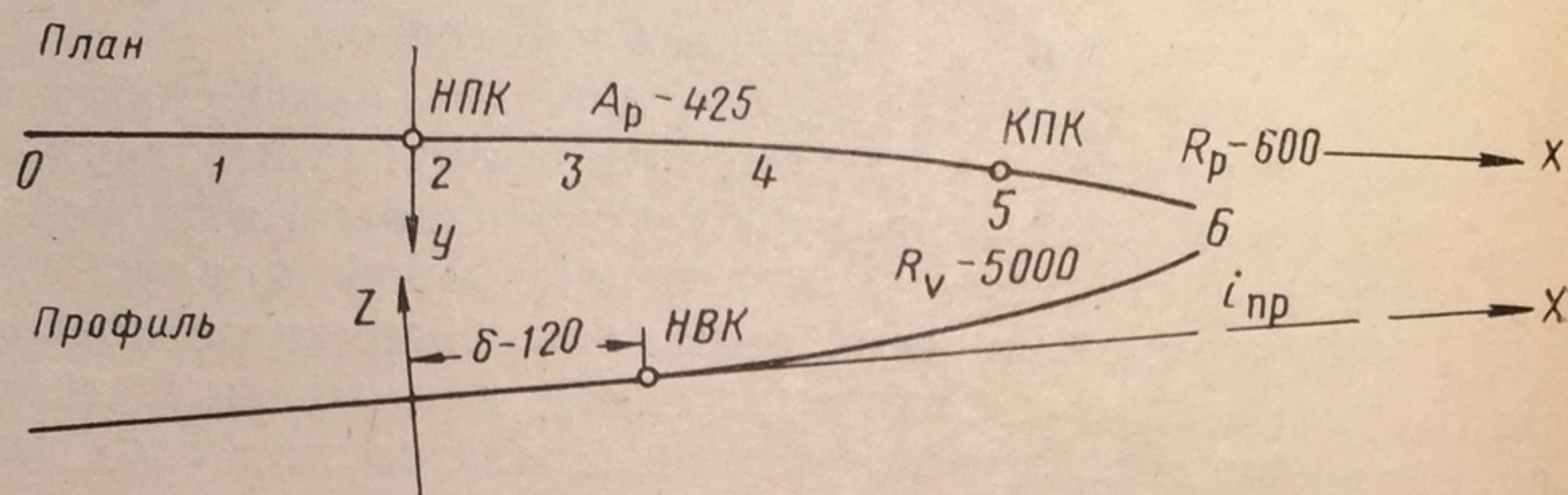


Рис. 34. Схема фронтального проектирования:  
НПК — начало переходной кривой; КПК — конец переходной кривой; НБК — начало вертикальной кривой

перпендикулярна к касательной пространственной кривой. За начало координат  $O$  принимается НПК или НК в плане (см. рис. 34). В примере начало клотоиды на ПК 2, где  $x_L = 0$  и  $L = 0$ .

Координаты  $z_L$  над плоскостью  $XOY$  в общем случае складываются из двух величин

$$z_1 = L^2 : 2R_v \quad \text{и} \quad z_2 = (L - x_L) i_{пр}, \quad (29)$$

где  $L$  — расстояние по клотоиде от ее начала, м.

Вторая составная часть  $z_2$  при проектировании отгонов виражей обычно не учитывается; в случае приведенного примера при длине отгона виража 200 м это дает ошибку

$$(200 - 199,75) \times 0,03 \cong 0,01 \text{ м.}$$

Практически график кривой 1 на плоскость  $ZOY$  (рис. 35) строят, пользуясь таблицами прямоугольных координат переходных и круговых кривых, выписки из которых для примера приведены ниже.

$D, \text{ м}$	200	240	280	320	360	400	440	480	501	520
$L, \text{ м}$	0	40	80	120	160	200	240	280	301	320
$y_L, \text{ м}$	0,00	0,06	0,47	1,59	3,78	7,38	12,73	20,19	25,08	30,42
$z_L, \text{ м}$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	0,64	1,44	2,56	3,28	4,00

На оси  $Y$  откладывают координаты клотоиды в плане  $y_L$ , соответствующие равным интервалам по кривой  $L$ . В интервале кривой  $0 \leq L \leq \delta$  координаты  $z_L = 0$ . Точка НБК на плоскости



$ZOY$  определяется координатами  $y_{120}=1,59$  м и  $z_{120}=0,00$  м. От точек, отмеченных на оси  $Y$  в интервале  $\delta < L$ , откладывают координаты  $z_L$  вертикальной кривой. Соединяя наложенные точки координат, определяем фронтальную проекцию внешней кромки проезжей части (кривая 1). Полученная кривая имеет волнообразный вид и состоит из вогнутого и пологого выпуклого участков.

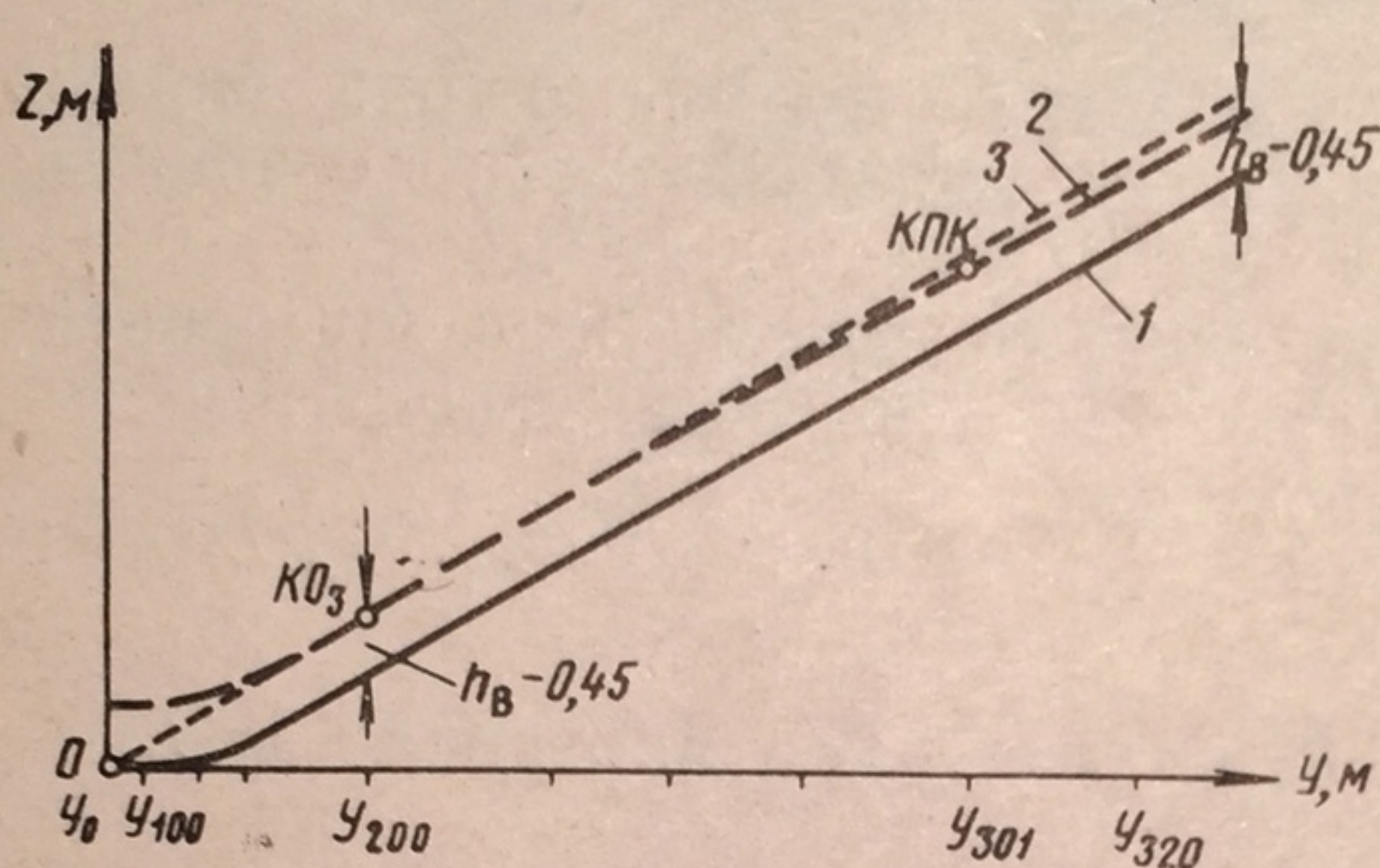


Рис. 35. Проектирование отгона виража во фронтальной проекции:

1 — внешняя кромка в неразвернутом положении (по высотному положению аналогична внутренней кромке); 2 — линия полного виража; 3 — касательная, на интервале  $O-KO_3$  — линия отгона

В случае применения длинных переходных кривых конец отгона необязательно совмещать с концом переходной кривой. Оптимальное расположение отгона виража, обеспечивающее оптическую плавность, может быть определено следующим образом. От кривой 1 в пределах ее выпуклого участка откладывается превышение внешней кромки  $h_B = b i_B = 0,45$  м над внутренней и тем определяется положение внешней кромки при полном вираже (кривая 2). От начала координат 0 проводится касательная 3 к выпуклому участку кривой 2. Точка касания  $KO_3$  принимается концом отгона виража. На интервале  $O-KO_3$  касательная 3 принимается линией отгона виража.

В случае сочетания клотоиды в плане с параболой в профиле при сдвинутых на величину  $\delta$  их начал точное определение координат точки касания методами дифференциальной геометрии затруднительно и практически возможно только при использовании электронно-счетных машин.

Для практических нужд достаточно точно с малыми трудовыми затратами координаты точки касания  $y_{KO}$ ,  $z_{KO}$  можно определить графически с последующей их аналитической проверкой. Для более точного графического определения точки  $KO$  величины  $z$  откладывают увеличенными. Координаты внешней



поднятой кромки проезжей части над осью  $Y$  в пределах отгона виража определяют по зависимости

$$z_{L,0} = y_L i_Y, \quad (30)$$

где  $z_{L,0}$  — координаты отгона внешней кромки проезжей части, м;

$i_Y = \frac{z_{KO}}{y_{KO}}$  — поперечный уклон плоскости, в которой расположена кривая отгона виража (величина  $z_{KO}$  определяется по отношению к плоскости  $XOY$ ).

Превышения внешней кромки над внутренней в пределах отгона виража  $h_0$  определяют по зависимостям:

$$h_{L,0} = z_{L,0} \quad \text{в интервале } 0 \leq L \leq \delta; \quad (31)$$

$$h_{L,0} = z_{L,0} - z_L \quad \text{в интервале } \delta < L.$$

Продольный профиль отгона виража 3 по отношению к внутренней кромке 1 имеет волнообразную форму (рис. 36).

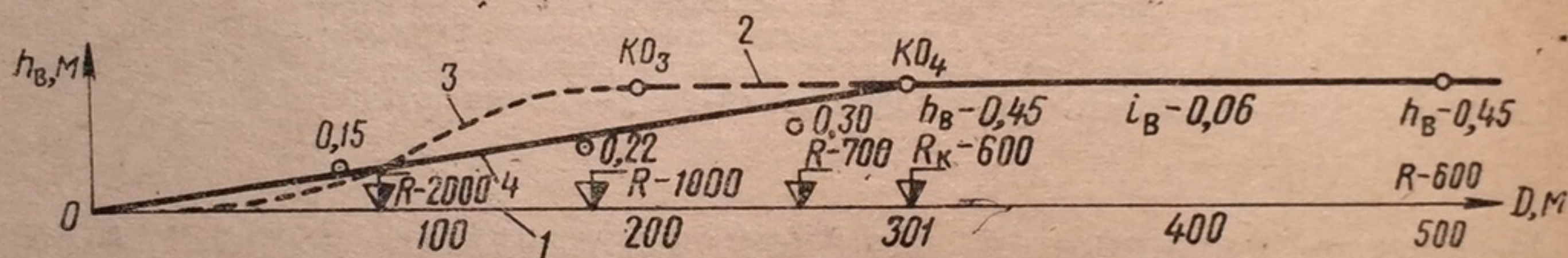


Рис. 36. Продольные профили отгона виража:

1 — внутренняя кромка; 2 и 3 — внешняя кромка по рассматриваемому методу (2 — линия полного виража, 3 — линия отгона виража); 4 — внешняя кромка по СНиП;  $KO_3$  и  $KO_4$  — соответствующие концы отгонов виражей

Если линия отгона к выпуклой части кривой на фронтальной проекции проведена как касательная (см. рис. 35), то отгон в продольном профиле в начале и конце образуется в виде плавных закруглений. Если линия полного виража 2 пересечена под углом, то на продольном профиле отгона виража в точке  $KO$  образуется перелом, который при  $i_{д,ко} > 3\%$  следует закруглить.

По продольному профилю отгона определяется наибольшее значение дополнительного продольного уклона  $i_d$ , которое согласно СНиП II-Д.5-62 не должно превышать 5—20% в зависимости от категории дороги. Так как линия отгона 3 расположена вблизи или выше точек, отображающих необходимое превышение внешней кромки согласно СНиП при  $R_p = 2000$ ; 1000; 700 и 600 м, то устойчивость автомобиля на кривой обеспечена.

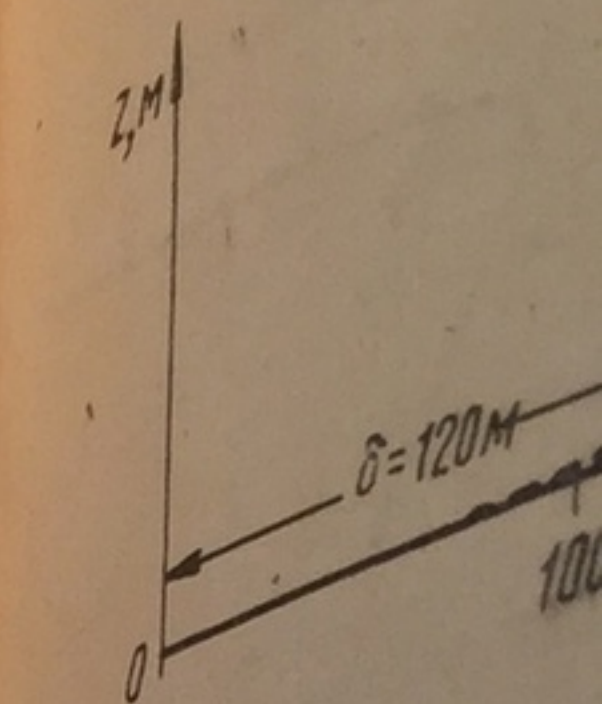


Рис. 37. Продольные профили отгона виража: 1 — внутренняя кромка; 2 — линия отгона виража

На рис. 38 приведен сравнительный анализ отгона, запроектированного по предлагаемому методу, с отгоном, запроектированным по методу прямолинейно развернутой кривой.

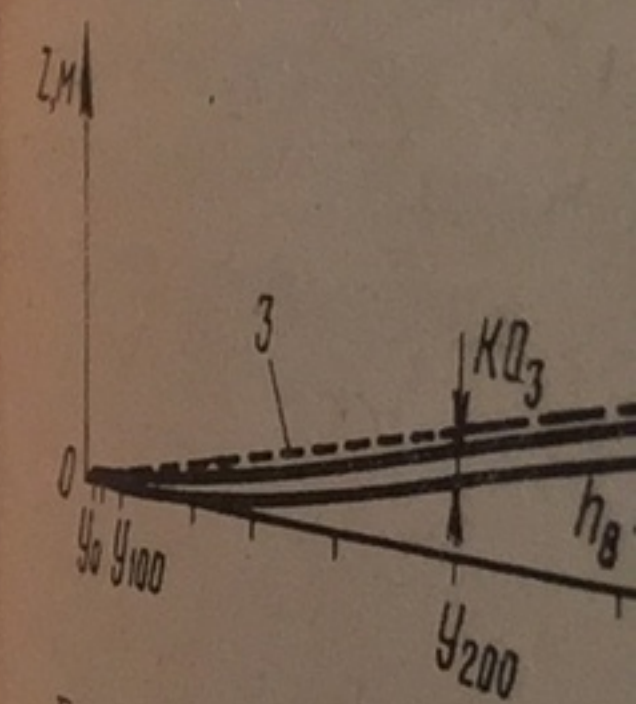


Рис. 38. Сравнение фронтальных профилей отгона виража: 1 — внутренняя кромка; 2 и 3 — внешняя кромка по рассматриваемому методу; 4 — внешняя кромка по СНиП

В перспективе (рис. 39) отгон в перспективе не искажается, так как в перспективе отгона 4 прямой линией (рис. 38). По внутреннему отгону 3 на перспективе отгона 4 методом дает искажения и форму отгона.

В перспективе (рис. 39) отгон в перспективе не искажается, так как в перспективе отгона 4 прямой линией (рис. 38). По внутреннему отгону 3 на перспективе отгона 4 методом дает искажения и форму отгона.



Как видно из зависимости (30) и из рис. 37, продольный профиль внешней кромки в интервале от  $O$  до  $KO_3$  является переходной кривой, которая плавно соединяется с основным круговым закруглением.

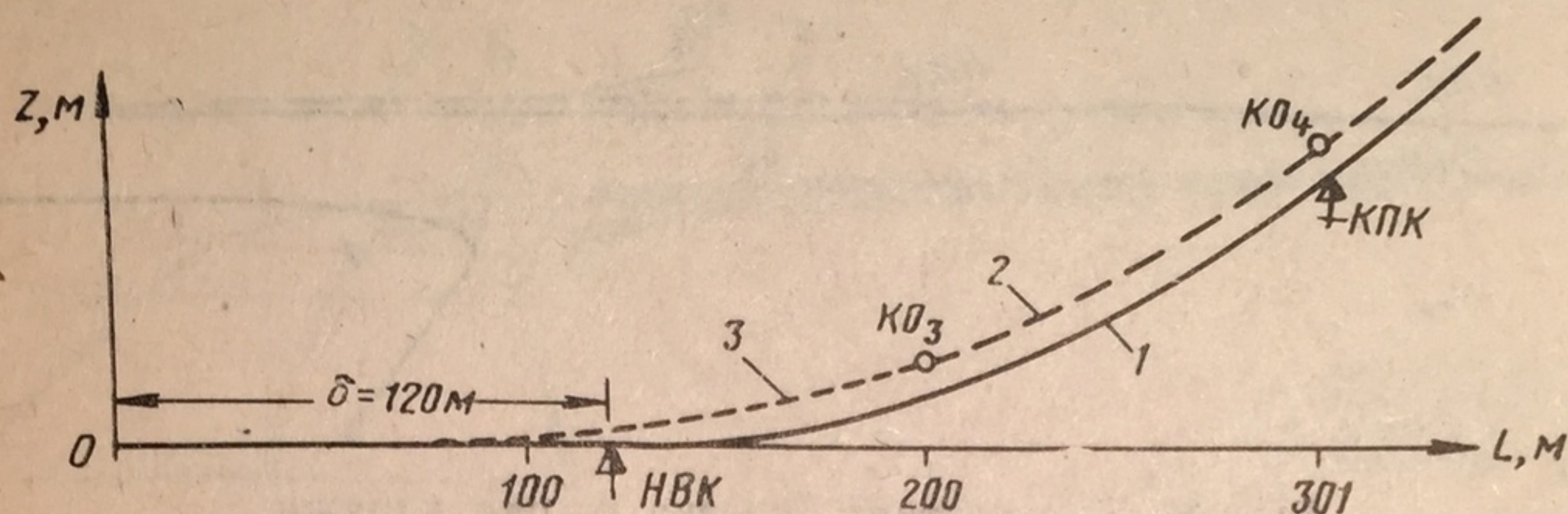


Рис. 37. Продольные профили кромок проезжей части в пределах переходной кривой:

1 — внутренняя кромка; 2 и 3 — внешняя кромка

На рис. 38 приведено сравнение фронтальных проекций кривых отгона, запроектированных по требованиям СНиП и по предлагаемому методу. Волнообразная кривая 4 отображает прямолинейно развернутую в продольном профиле внешнюю

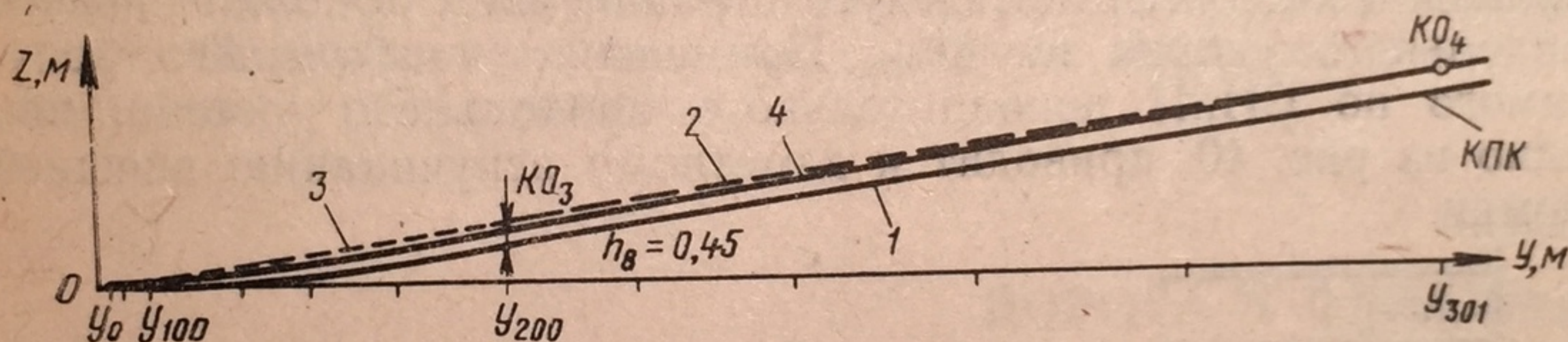


Рис. 38. Сравнение фронтальных проекций кромок проезжей части в пределах переходной кривой:

1 — внутренняя кромка; 2 и 3 — внешняя кромка по рассматриваемому методу; 4 — внешняя кромка по СНиП

кромку проезжей части, координаты которой на участке отгона определены по зависимости

$$z_{L,0,4} = z_L + Li_d. \quad (32)$$

В перспективе (рис. 39) кривая 4 создает впечатление недостаточности или отсутствия виража. Кривая 3, соответствующая прямолинейному отгону виража во фронтальной проекции, в перспективе не искажена. Следовательно, искажения в перспективе устраняются в результате замены волнообразной кривой отгона 4 прямой линией отгона 3 во фронтальной проекции (см. рис. 38). По внутренней кромке 1 деформации, связанные со смещением  $\delta$  на перспективе, обычно не проявляются.

Изложенный метод дает возможность определить место расположения и форму отгона виража, при которых устраняются



оптические деформации, связанные с дополнительными переломами в начале и конце отгона виража, и деформации, связанные со смещенным положением начал кривых в плане и профиле. Требования движения автомобиля учитываются провер-

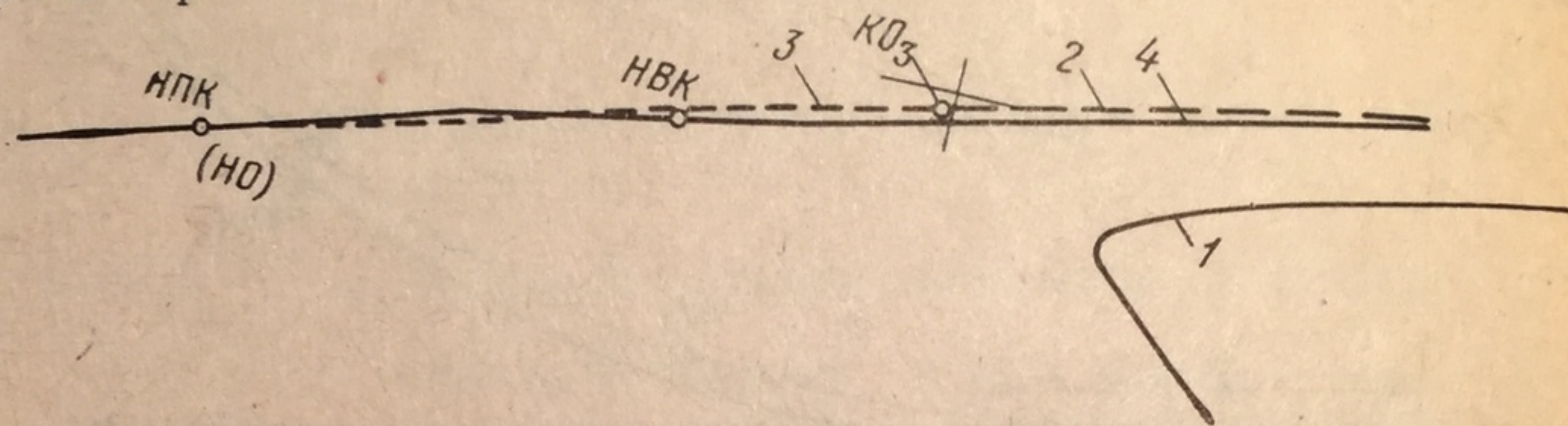


Рис. 39. Перспектива участка отгона виража:

1 — внутренняя кромка; 2 и 3 — внешняя кромка по рассматриваемому методу; 4 — внешняя кромка по СНиП

кой максимальной величины  $i_d$  и превышений  $h_0$  в точках переходной кривой, где значения  $R_p = 3000, 2000, 1000, 700$  и  $600$  м.

Метод целесообразно применять при проектировании скоростных автомобильных дорог. На дорогах низких технических категорий улучшение оптической плавности в пределах отгонов виражей может быть достигнуто ограничением дополнительного продольного уклона на  $3\%$ . Применение наибольшего допустимого по СНиП дополнительного продольного уклона, как видно из рис. 40, приводит к заметному вспучиванию внешней кромки.

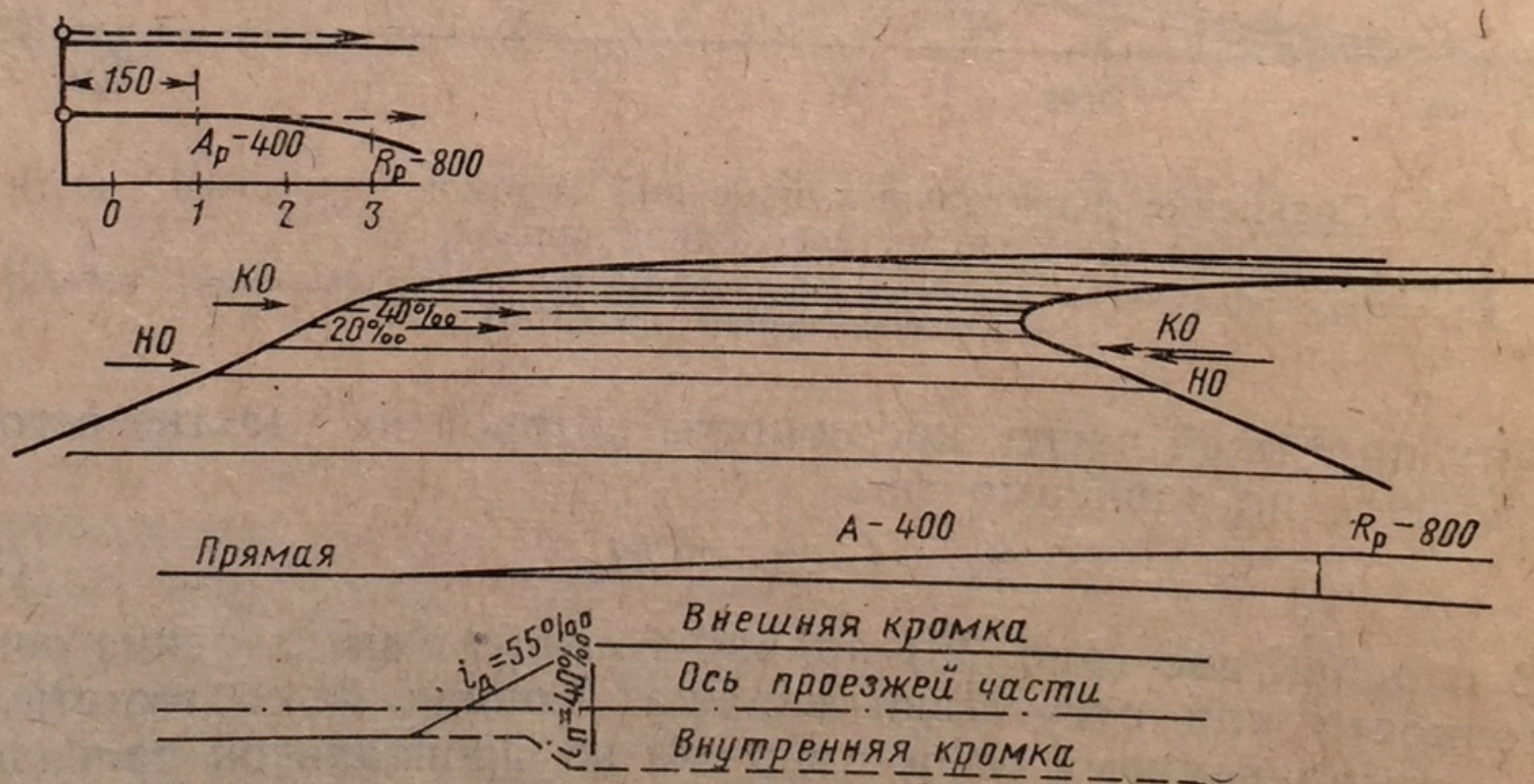


Рис. 40. Перспектива отгонов виражей при дополнительном уклоне  $i_d = 5,5\%$

Хотя оптически плавный отгон виража можно достичь при любом способе поворота проезжей части вокруг внутренней кромки, оси или внешней кромки, преимущество следует отдать повороту вокруг оси, при котором высотное положение проек-



ной линии, проведенной по оси дороги, на всем протяжении сохраняется. Такой принцип проектирования виражей широко применяется Латгипродортрансом и получил одобрение строителей.

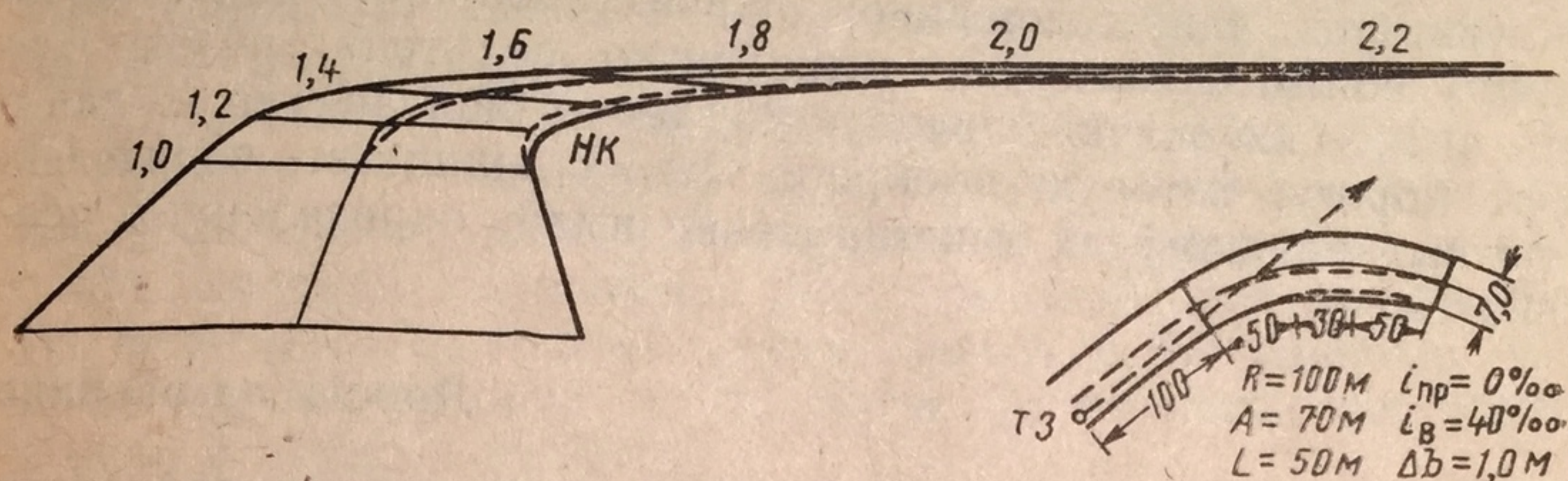


Рис. 41. Одностороннее уширение проезжей части

Как видно из рис. 41, к нарушению плавности приводит уширение проезжей части с одной стороны. Недостатком такого решения является также смещение оси проезжей части от оси дороги на половину величины уширения. Для того чтобы трасса и в плане была бы исходной линией для разбивки поперечных профилей, более целесообразно уширение проезжей части осуществлять с обеих сторон.

### Глава 3

## ДОРОГА И ЛАНДШАФТ

### § 10. ВПИСЫВАНИЕ ДОРОГИ В ЛАНДШАФТ

Водители и пассажиры желают, чтобы проезд требовал меньше времени, был приятным, не утомлял и прошел без дорожных происшествий.

Чтобы дорога не утомляла и не привела водителя к несамопроизвольному гипнозу, необходимым условием является исключение длительной сосредоточенности взгляда водителя в одном направлении [9] и устранение монотонного воздействия придорожной местности. Последним требованиям соответствует криволинейная дорога, подчиняющаяся основным элементам ландшафта и открывающая взгляду проезжающих все новые и новые близлежащие живописные места.

Поэтому вписывание дороги в ландшафт — основная задача трассировщика. Чтобы успешно решить ее, проектировщик должен овладеть основными знаниями пространственной геометрии дороги. Достичь плавность самой дороги в независимости от ландшафта (внутренняя гармония) может каждый проектировщик, который знает основные принципы образования пространственно плавной дороги и стремится к их применению. Больше



трудностей создает именно вписывание дороги в данный ландшафт. Эта задача требует хорошего воображения и хорошего чувства воздействия элементов ландшафта: форм рельефа, сооружений, водных пространств и др. Являясь по сути творческой задачей, трассирование нередко требует привлечения архитекторов или художников. Проектировщику дорог необходимо войти в логику и психологию водителя, чтобы создать оптически ясную и целеустремленно вписанную в ландшафт дорогу, которую одобрило бы большинство водителей. В разных ландшафтах трассирование имеет определенные особенности.

### Дорога на равнине

Равнинная местность за малыми исключениями допускает проложение дороги в любом направлении, поскольку препятствия в виде рощ, зданий, населенных пунктов встречаются редко. Подходящим на открытой равнине элементом трассы признается прямая.

Прямые возможной длины продолжительное время считались идеалом дорожной трассы. В настоящее время возражения против длинных прямых в основном обосновываются их утомляющим воздействием на водителей, приводя-

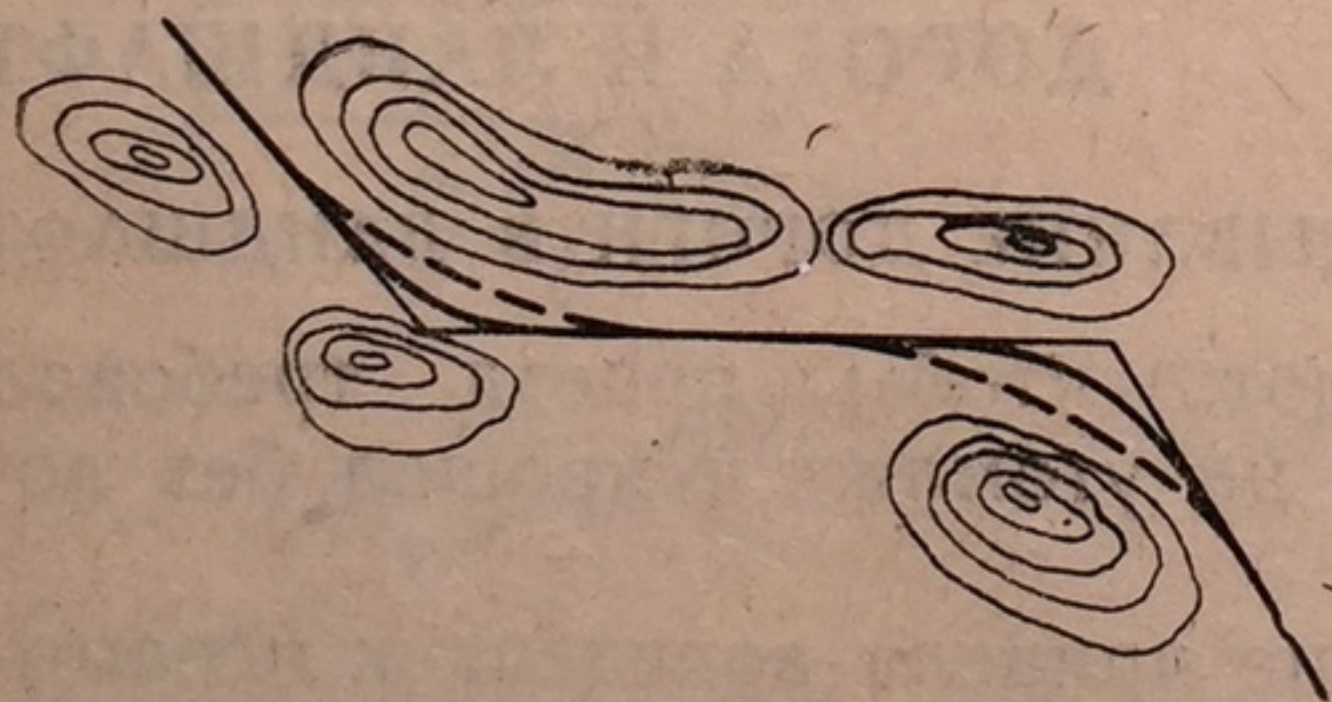


Рис. 42. Пример несовершенного вписывания дороги в формы рельефа:

— жесткая трасса; — — — увязанная с рельефом трасса

щим к невнимательности и нередко к усыплению. Статистика дорожных происшествий показывает, что на прямых участках, где видимость вполне обеспечена, происходит 60—70% аварий. Для уменьшения утомляющего влияния прямых участков в практике Латгипродортранса их длину стараются ограничить 2—3 км.

Изменение направлений трассы по возможности увязывается с встречающимися высотными препятствиями, поскольку последние могут служить ориентирами или акцентами поворотов трассы.

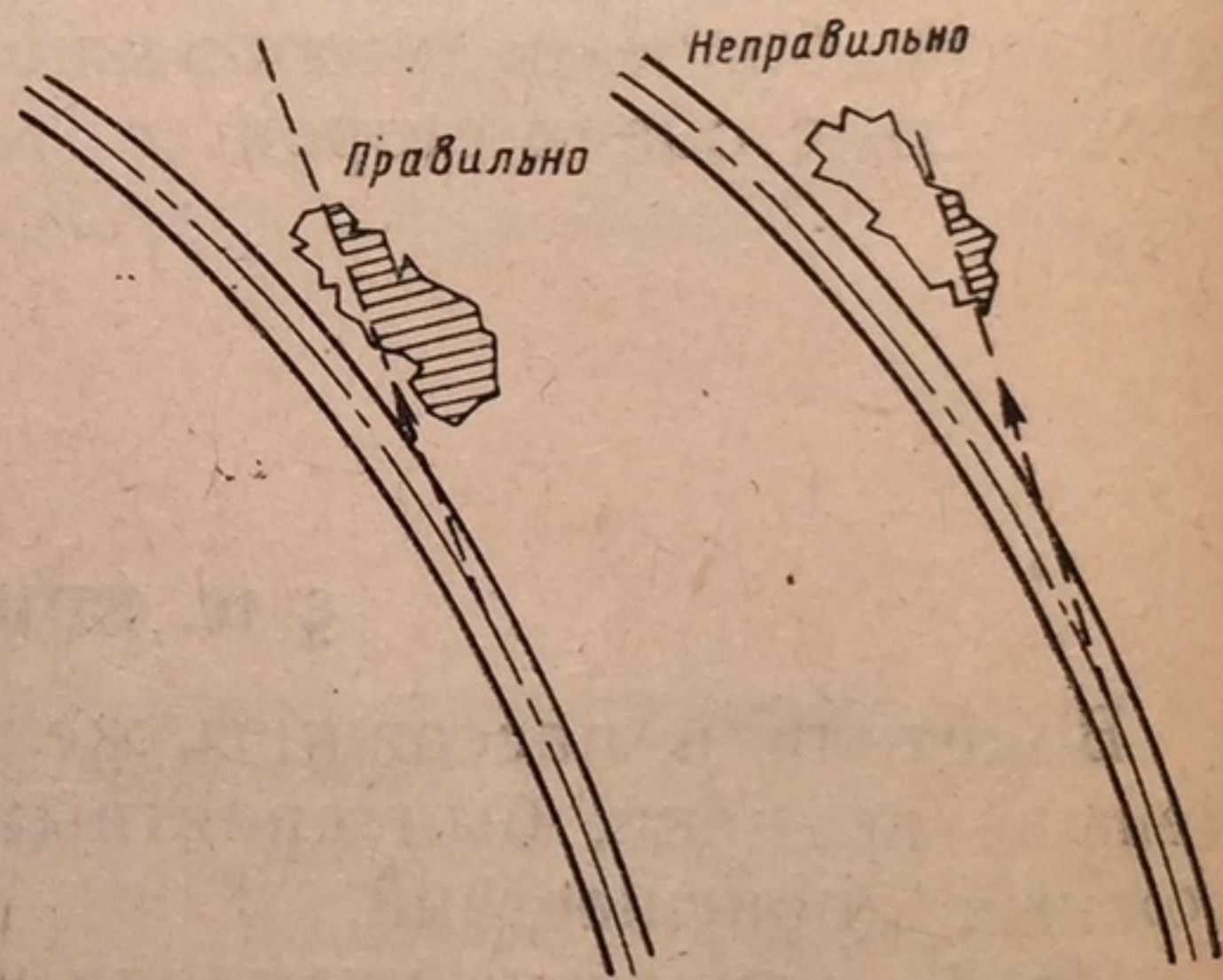


Рис. 43. Направление дороги на ту сторону ориентира, с которой предусматривается его обходить



В данном ландшафте и хорошие формы рельефа несут по сути своей привлекательность, чтобы в ландшафт водители не вписанные в ландшафт, в практике проектирования называют жесткой.

По ходу проектирования должно быть достигнуто совершенное подключение дороги к опирающим ее элементам в плане с обеспечением наибольшей целеустремленности направления. Из некоторых вариантов увязки дороги с ландшафтом выбирают ту, при которой трасса более целеустремленна, логична и ясна в плане и профиле.

В равнинной местности удачное вписывание дороги в ландшафт во многом зависит от логичной ориентации в обоих направлениях ее прямых участков. Правильнее направить трассу на ту сторону направляющего ориентира (здание, роща, группа деревьев), с которой предусматривается его обходить (рис. 43).

Характерные для прямых участков недостатки (утомительное воздействие на водителей и опасность их ослепления фарами встречных автомобилей) устраняются или уменьшаются на пологих кривых. Поэтому прямые участки по возможности заменяются пологими кривыми с радиусами более 3000 м или клоотоидами, которые незначительно удлиняют дорогу.

### Дорога на пересеченной местности

Характерными чертами холмистой местности является ее живописность и обзорность. Водные пространства, луга, открытые поляны, чередующиеся с лесными массивами, рощами, населенными пунктами, радуют проезжающего и доставляют ему много впечатлений. Если дорога не проложена в глубоких выемках и высоких насыпях, проезд по холмистой местности привлекательный и безопасный.

В пересеченной местности встречаемся с другим дорожным сопротивлением — подъемом, величина которого в нормах проектирования ограничена в целях обеспечения расчетной скорости. В связи с тем при проектировании возникает необходимость найти линию, уклон которой не превышал наибольшего допустимого уклона, или преодолеть уклоны местности при помощи насыпей и выемок. Однако повышается опасность проезда по дороге, проложенной на высоких насыпях. Известны случаи повторяющихся тяжелых аварий при выходах из выемки на высокую насыпь, объясняемые психологическим воздействием дорожной обстановки на водителя. На высоких насыпях также опасны сильные боковые ветры. В противоположность дороге, построенной по обертывающей проектной линии или



на мелких насыпях, более безопасна и ландшафтно привлекательна.

Холм, находящийся напротив конца прямого участка, обычно удобнее объехать, чем преодолеть прямолинейно с переключением передач на подъеме и затормаживанием на спуске. При этом часто может оказаться, что потребность времени на проезд ровного участка большей протяженности меньше, чем при преодолении возвышенности по прямому направлению. Вышеприведенные соображения показывают целесообразность плавного вписывания дороги в основные формы рельефа пересеченной местности.

Выбирая кривые подходящей кривизны, можно проследовать основными формами рельефа и добиться гармоничного вписывания дороги в ландшафт. Радиусы кривых в плане принимают по возможности больше 600 м, чтобы создать условия безопасного движения. Опыт трассирования в условиях Латвии показал, что при удачном вписывании дороги в рельеф, трасса наиболее часто складывается из обратных или односторонних круговых кривых, плавно сопряженных пологими переходными кривыми. Длина прямых участков обычно не превышает 0,5 км.

Типичными неудачами увязки дороги с ландшафтом являются врезание в склон или чрезмерное отступление от него (см. рис. 42). Логика трассирования требует, чтобы в пределах полосы допустимых уклонов трасса прокладывалась по подножиям холмов (рис. 44), вдоль опушек леса. Трасса должна быть будто «натянута» над опирающимися ее элементами ландшафта в плане и профиле при условии обеспечения необходимой видимости.

Положение трассы по переходной зоне между склоном и долиной, по границам поле—лес, поле—луг, поле—река меньше нарушает создавшиеся хозяйственные комплексы, существующие системы землеустройства и мелиорации.

Опыт проектирования убедительно показывает, что вписывание дороги в рельеф приводит также к заметному уменьшению объемов земляных работ.

Несовершенное и неудачное вписывание дороги в пересеченной местности часто может быть объяснено тем, что трассирование проводится по касательным с последующим округлением переломов кривыми минимального радиуса. В холмистой или густо застроенной местности более рационально трассировку провести по топографическому плану при помощи лекал круговых или переходных кривых.

Наилучшее вписывание дороги в рельеф было бы достигнуто при расположении проектной линии на уровне местности. Однако устройство дорожной одежды в нулевых отметках приводит к увеличению строительных и дорожно-эксплуатационных расходов. Хорошая увязка дороги с рельефом достигается

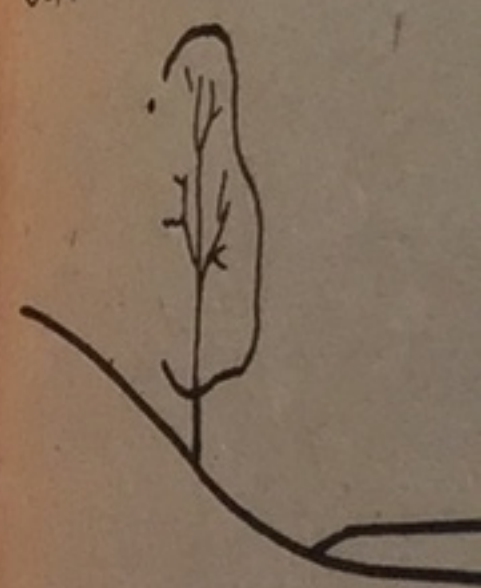


Рис. 44. Проложение трассы по подножью холма, избегая врезания в склон

В природе степенно: равнина переходная в предгорьях, т. е. длина прямых участков значения радиусов ченности местности гласно требованиям при трассировании постепенный переход может быть осуществлен ми категориями рельефа

Прямая дорога, планшет его цельность и пространств в равнине стремятся протрассировать. Весь рельеф. Веса формы определяются контура леса. По



также в случае невысоких насыпей согласно требованиям возвышения земляного полотна над рельефом местности, если откосы построены с заложением не круче 1:3.

Понижение проектной линии на буграх и поднятие в лощинах логично, поскольку учитываются условия влагонакопления и улучшается видимость в связи с увеличением радиусов кривых (рис. 45). В проектах часто встречаются противоположные решения, объяснимые стремлением проектировщиков применять минимальные допускаемые радиусы закруглений. В слабо пересеченной местности стремление к плавности дороги приводит к секущей проектной линии. В этом случае предпочтение перед мелкими выемками отдается невысоким насыпям.

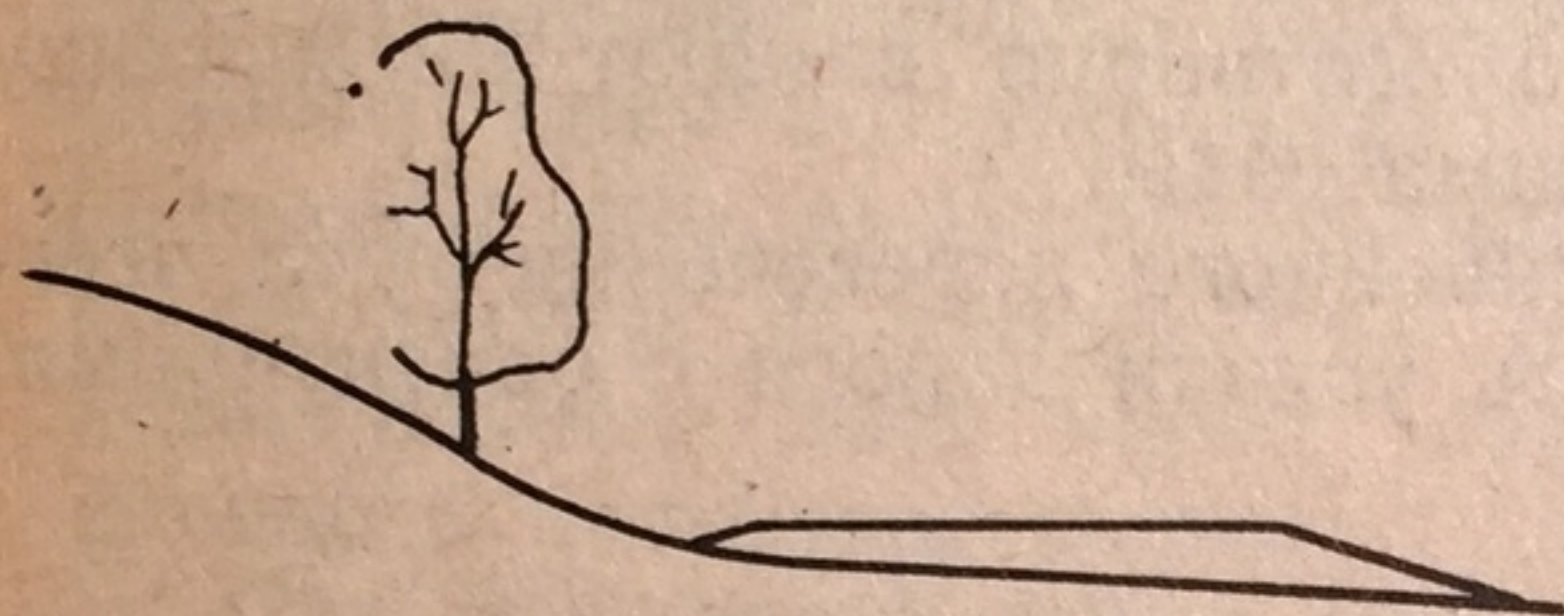


Рис. 44. Продолжение земляного полотна по подножью холма, не врезаясь в склон

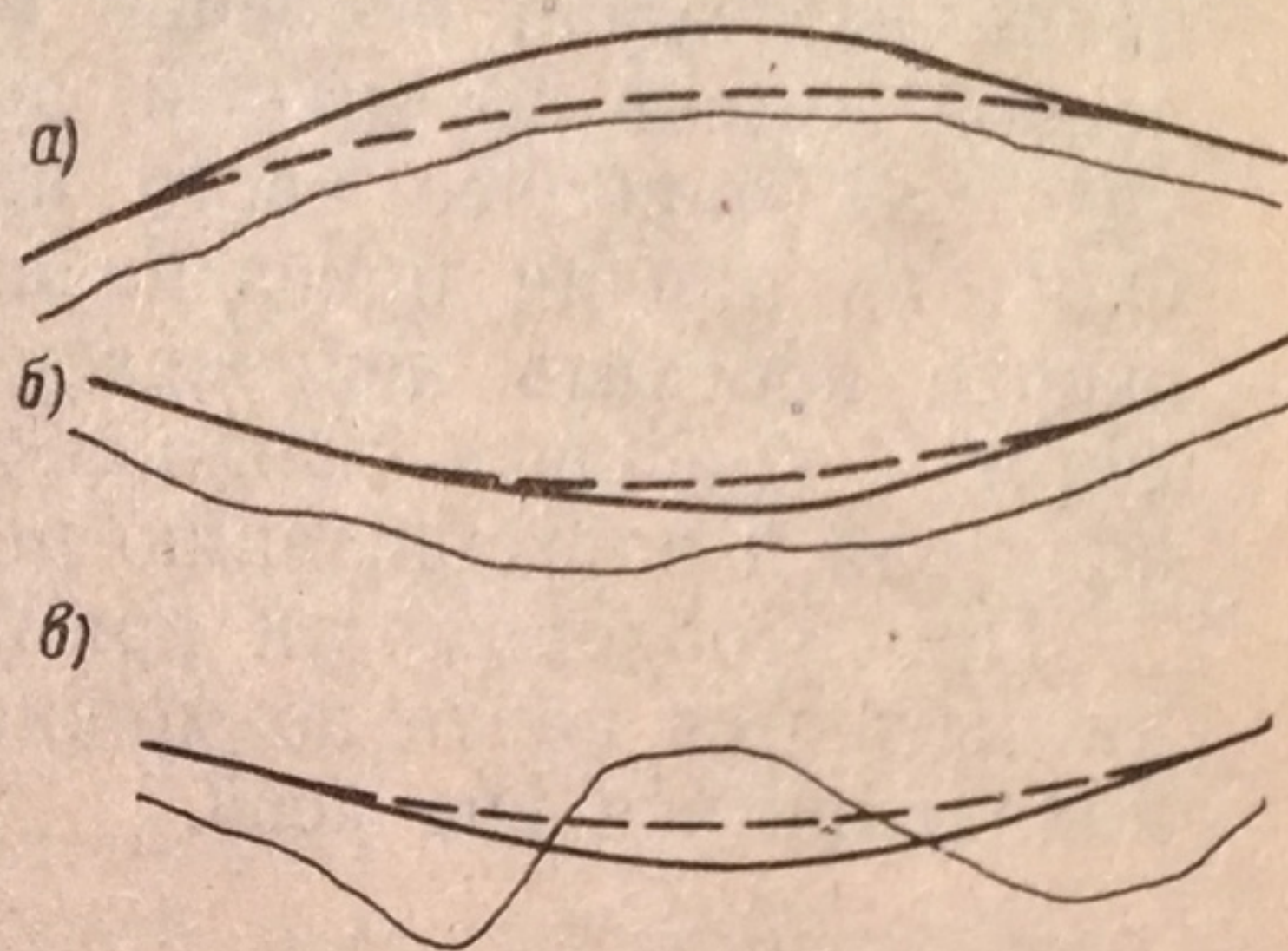


Рис. 45. Нелогичное положение проектной линии из-за применения вертикальных кривых минимального радиуса

В природе степень пересеченности обычно меняется постепенно: равнина переходит в холмистую местность, холмистая местность в предгорья, а предгорья в горы. Характер трассы, т. е. длина прямых участков, величина углов поворота и средние значения радиусов кривых, определяется степенью пересеченности местности. Резкое изменение характера трассы согласно требованиям безопасности движения недопустимо. Если при трассировании тщательно проследить характер местности, постепенный переход на другую степень извилистости трассы может быть осуществлен в переходных зонах между различными категориями рельефа.

### Дорога в лесу

Прямая дорога, проложенная сквозь лесной массив, нарушает его цельность и создает у проезжающего неприятное впечатление коридора. В целях обеспечения закрытости лесного пространства в равнинной местности вход и выход дороги из леса стремятся протрассировать по кривым. В холмистой местности определяющими повороты трассы являются основные формы рельефа. Весьма желательно образование криволинейного контура леса. Поэтому в пересеченной местности, где не-



избежна смена выемок и насыпей, вырубку следует то сужать, то расширять, чтобы трасса дороги как бы вплеталась в лес.

Любое изменение окрестностей дороги вроде разрежения лесного контура, открывающее новые пространства, хотя бы лесную поляну, опушку или озеро, интересно для водителя и пассажиров, уменьшает утомительность проезда. Для этого целесообразно по возможности приблизить трассу к лесным озерам, рекам, полянам, если это существенно не ухудшает воднотеплового режима земляного полотна. Разрежение лесного контура и сохранение около дорог отдельных крупных деревьев и древесных групп особенно важно на дорогах, пересекающих лесной массив по прямой, поскольку на однообразных прямых участках наиболее часто наблюдается превышение скорости. Одна из причин превышения скорости — желание водителя скорее проехать неинтересующий его участок. Многообразие форм и красивый ландшафт благотворно влияют на психику водителя и нормализацию режима езды.

При необходимости прямолинейного пересечения леса всегда пытаются найти возможность увязки дороги с ориентирами, находящимися вне леса.

### Дорога вдоль природных доминант

Если вблизи целеустремленного направления существует выраженная доминанта, например озеро, река, долина, ряд холмов, тогда самое удачное вписывание трассы в ландшафт получают, направляя трассу по главным контурам естественной доминанты, примыкая к течению реки, к склонам долины или к подножию холмов. На рис. 42 видна трасса, которая в пересеченной местности следует контурам основных форм рельефа, плавно охватывая их. Дорога объединяет выразительные элементы природы.

В ясно определенном природном пространстве лучшим способом можно считать трассировку дороги вдоль края этого пространства, создавая тем самым возможность восприятия природы как неделимого целого. В таком случае не нарушаются взаимная связь между характерными элементами ландшафта, характер рельефа местности и гармония, создающиеся уже в самой природе. Напротив, пересечение ландшафтного пространства часто приводит к резким, неестественным формам, разрушает в ландшафте равновесие, создавшееся с течением времени, и нередко делает его хаотичным.

Ландшафты естественной природы, которые еще не тронуты деятельностью человека, встречаются все реже и реже. Поэтому в нетронutom живописном ландшафте целесообразно трассировать дорогу, максимально подчиняясь ему. Доминирующей тут должна быть сама природа, и только отдельные составные части дороги (мосты, эстакады) имеют значение как ак-



центы, которые должны гармонически сочетаться с ландшафтом.

Дорогу трассируют так, чтобы, открывая проезжающему характерные особенности ландшафта, сохранилось его единство, не рассекая, а подключая живописные места.

### Дорога в пригородной зоне

В пригородном ландшафте строения, созданные человеком, и элементы естественного ландшафта находятся в некотором равновесии. Застройка в пригороде не создает плотного окаймления дороги, а только намечает небольшие пространства.

Пригородный ландшафт обычно расщепляют многочисленные линии связи и электропередач, которые очень часто мешают достичь целеустремленного и в пространственном отношении удовлетворяющего проложения дороги. Чтобы сохранить единство дороги и ландшафта, линии надземных коммуникаций целесообразно включать в общую организацию придорожного пространства. В комплексе с проектом дороги оказывается целесообразным дать проект переустройства коммуникаций, мешающих целеустремленному проложению дороги.

При трассировании в пригородной зоне считаются только с более крупными элементами ландшафта. Особое внимание обращают на проектирование поперечного профиля и определение высоты дорожного полотна, чтобы дорога по возможности меньше выделялась из окружающего рельефа.

### Реконструкция существующих дорог

Задача реконструктивного проектирования значительно ограничивает возможности проектировщика. Но все-таки эта задача интересная, поскольку, кроме технического решения, необходимо уметь использовать придорожный ландшафт.

При ходе по целине пространственное представление о будущей дороге затруднено и для проверки ее увязки с ландшафтом нередко требуется вычертить перспективные изображения. При реконструктивном проектировании о плавности и увязке дороги с ландшафтом можно убедиться в натуре. Участки существующей дороги с нарушенной плавностью, недостаточной видимостью и целеустремленностью видны из любой точки зрения. Этим облегчается принятие улучшающего решения. Если покрытие не капитальное, имеются все возможности перепроектировать такие участки.

В первую очередь целесообразно установить участки существующей дороги, которые могут быть использованы как в плане, так и в профиле. Базируясь на участки, которые целеустремленны и пригодны для использования, проводится камеральное трассирование с учетом совмещения переломов в плане и профиле. Во многих случаях оказывается целесообразным



использование только полосы существующей дороги, особенно в лесных массивах.

Если покрытие дороги капитального типа, то часто при реконструкции принимаются вынужденные решения, не соответствующие в полной мере требованиям пространственного проектирования. Неудовлетворяющими нередко получаются также участки, где спрямления подключаются к существующей дороге. Узкие аллеи не следует вырубать, а целесообразно прокладывать новую дорогу параллельно южной или западной стороне аллеи, чтобы тень деревьев не мелькала над дорогой и дорога лучше проветривалась.

### § 11. УВЯЗКА ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА С РЕЛЬЕФОМ

Дорога, являясь крупным инженерным сооружением, оставляет особенно заметные следы в окружающем ландшафте. Высокая насыпь и глубокая выемка приводят к раскалыванию ландшафта, поэтому следует стремиться их высоту и глубину уменьшать.



Рис. 46. Дорога с пологими округленными откосами и неглубокими кюветами овального очертания

В настоящее время широкое признание получили пологие закругленные откосы земляного полотна и неглубокие лотки в связи с их устойчивостью, обтекаемостью, хорошей увязкой с рельефом, а особенно в связи с тем, что они способствуют безопасности движения (рис. 46). Зарубежные исследования подтверждают, что невысокие насыпи с заложением откосов 1:5 обеспечивают безопасный съезд при скорости до 80 км/ч. Но применение пологих откосов по экономическим соображениям



относено к сравнительно небольшим рабочим отметкам (до 1,5 м). В целях уменьшения возможности происхождения тяжелых аварий в случаях принужденных съездов, при проектировании стремятся к увеличению общей протяженности невысоких насыпей с пологими откосами и лотками.

В равнинной местности увязка насыпи с рельефом достигается пологими откосами постоянного заложения. Излишки грунта при отделке откоса образуют у его подошвы плавное закругление и устойчивый переход от насыпи к рельефу. В пересеченной местности для наилучшей увязки земляного полотна с рельефом проводится предварительная прикидка оптимальных рабочих отметок по поперечникам, используя для этого шаблоны поперечных профилей. На пологих косогорах оптимальные проектные отметки определяются при положении шаблона, когда одна из бровок дорожного полотна опирается на склон при незначительном превышении над склоном (см. рис. 44). При таком положении дорога наилучшим образом сочетается с рельефом. Определенные таким образом отметки наносятся на продольный профиль и через них по возможности проводится проектная линия.

При проектировании земляного полотна стремятся избегать частой смены крутизны откосов. Для этого откосы коротких участков насыпей высотой до 3 м проектируют пологими; в пределах выемок откосам лотков в стороне дороги придается заложение 1:3 (рис. 47).

Переходы от пологих к крутым откосам (1:1,5) должны быть осуществлены постепенно, особенно с внутренней стороны кривых. В практике Латгипродортранса переход от пологих к крутым откосам предусматривается на протяжении не менее 20 м. При резком увеличении высоты насыпи переход осуществляется на участке изменения отметок в пределах 1,5—3,0 м. Крутизну откосов выемки у входа и выхода из нее по мере уменьшения рабочих отметок целесообразно постепенно уменьшать.

Принятое заложение откосов отражается на продольном профиле, отмечая проектную крутизну откосов наряду с типами земляного полотна (рис. 48). В зависимости от поперечного уклона местности крутизна откосов насыпей с каждой стороны может быть различной.

Чтобы достичь хорошей увязки дороги с рельефом и повысить безопасность движения, необходимо отказаться от глубоких боковых канав и резервов для дорог I—III категорий, заменяя их лотками или резервами небольшой глубины (до

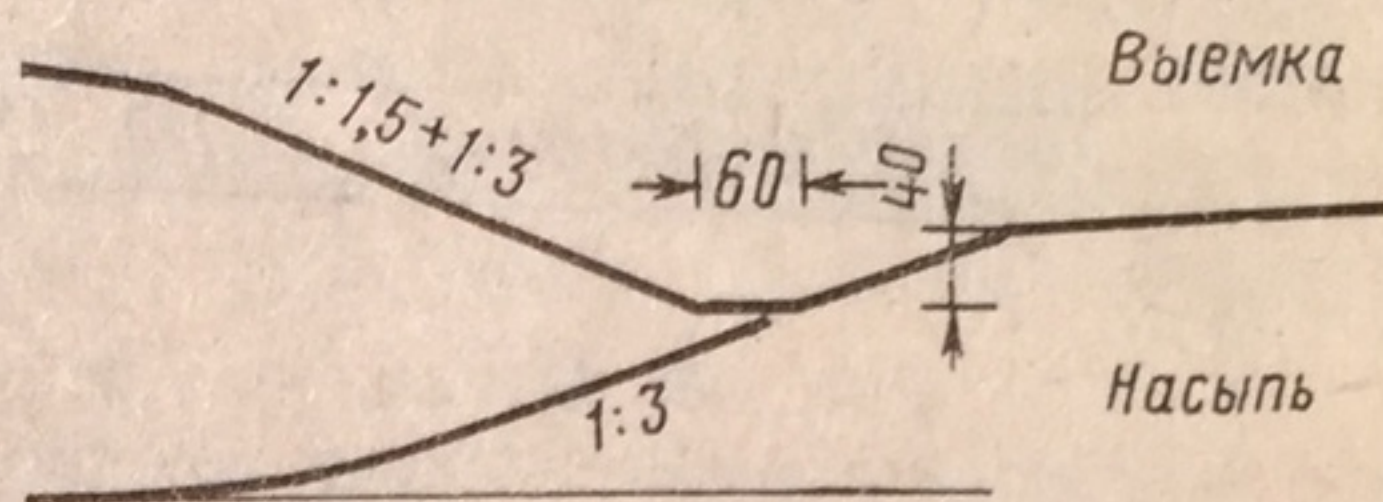


Рис. 47. Заложение 1:3 откосов лотков в сторону дороги в пределах выемки



40 см). В связных грунтах в таком случае требуется устройство дренажей для отвода воды из корыта. Как показывает опыт эксплуатации дорог, такая система водоотвода вполне удовлетворительна.

Особенно неприятное впечатление создают глубокие резервы с необеспеченным стоком воды, приводящим к заболачива-

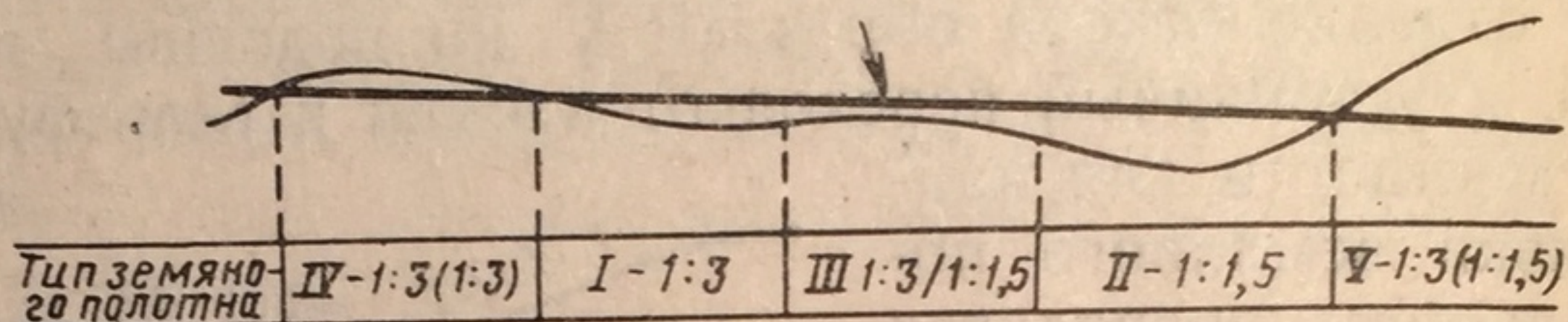


Рис. 48. Отражение формы земляного полотна в проекте. (В скобках показана проектная крутизна откосов выемки)

нию дорожной полосы. Поэтому неглубокие боковые резервы допустимы только в случаях хорошо инфильтрующих грунтов при достаточном понижении грунтовых вод или на связных грунтах при уклонах местности, обеспечивающих быстрый

сток поверхностных вод. Откосы резервов должны быть пологими, плавно сливающимися с рельефом.

Как показывает опыт проектирования, старый принцип продольной компенсации земляных масс часто приводит к ненужному

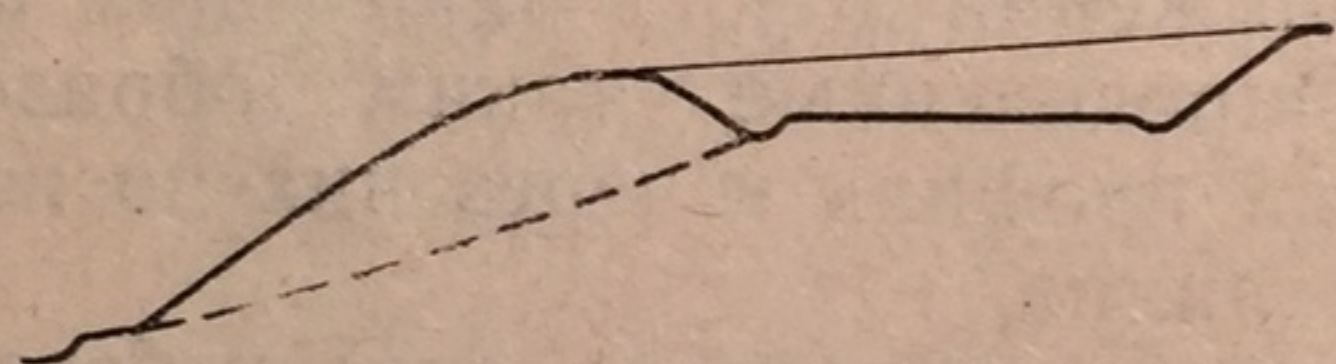


Рис. 49. Разработка резерва увязанная с проектом преобразования рельефа

увеличению высоты насыпей, поэтому во многих случаях противоречит как ландшафтным требованиям, так и требованиям безопасности движения. Лишний грунт, полученный при разработке выемок, лучше использовать для засыпки пониженных мест или отсыпать в кавальеры, придавая им вид естественных форм.

Устройство крупных грунтовых резервов в непосредственной близости от дороги считается нежелательным. Опыт показывает, что в пересеченной местности могут быть найдены вполне приемлемые решения и в этих случаях. Для этого разработку резервов следует увязать с проектом архитектурного преобразования рельефа. Например, при проектировании одной из автомобильных дорог по местным условиям создавалась необходимость проложения ее в выемке, отрезающей часть холма (рис. 49). Представлялось, что отсеченная часть холма будет восприниматься оторванным, неестественным элементом ландшафта. Так как рядом была запроектирована высокая насыпь для подходов к путепроводу, грунтовый резерв был запроектирован на этой отсеченной части холма, увязывая его разработ-



ку с желательным преобразованием рельефа. Предлагаемые преобразования рельефа были показаны на плане резерва в виде отметок глубины его разработки по криволинейной поверхности (пунктир на рис. 49), соединяющей бровку дороги и ложину.

По ландшафтными соображениям недопустимо сравнивать те формы рельефа, в которые вписана дорога. При игнорировании этого положения дорога после сооружения оказывается нелогичной. Поэтому проектировщику уже при трассировании необходимо предусмотреть рациональное размещение грунтовых резервов и с учетом их проложить трассу. Устройство дополнительных резервов во время строительства при необходимости совмещения с опирающимися трассу формами рельефа должно быть увязано с изменением трассы.

Особое значение для придания дороге приятного вида и для обеспечения удобств эксплуатации имеет оформление полосы отвода: уборка пней, камней, планировка резервов. При планировке дорожной полосы обеспечивается сливание земляного полотна с окружающим рельефом, не допускаются острые переходы или понижения, способствующие заболачиванию местности.

Спланированная полоса покрывается заранее снятым с полосы дороги растительным грунтом. Опыт показывает, что озеленение дороги целесообразно производить только после окончательного оформления боковых резервов и всей полосы. Плотные откосы плавного очертания, кроме вышеотмеченных преимуществ, обеспечивают также возможность произвести механизированное их содержание, например сенокошение, используя косилку.

Все рассмотренные работы по оформлению необходимы, и поэтому их включают в проекты дорог, но некоторые работы, связанные с преобразованием архитектуры природных форм, невозможно отразить в проектах. В практике Латгипродортранса проектировщики часто ограничивались общими типовыми поперечниками и замечанием в пояснительной записке, что оформление кавальеров, резервов и всей полосы дороги следует произвести в виде естественных форм, характерных для данной местности.

## § 12. АРХИТЕКТУРНОЕ ФОРМИРОВАНИЕ ДОРОЖНОЙ ПОЛОСЫ

Особенностью дорожной архитектуры является то, что пространства дорожного ландшафта никогда не существуют как ограниченные законченные единства. Придорожные ландшафтные пространства переходят одно в другое, образуя систему пространств, которые соединяет пересекающая их дорога (рис. 50).



Границы ландшафтных пространств ясны в холмистой и гористой местности, где обычно их образуют возвышенности рельефа. На равнине также можно констатировать формирующиеся в природе пространства, чье вертикальное окаймление образует лесные контуры, силуэты селений и городов или отдельные группы деревьев.

Высотные ограничения разделяют дорогу на отдельные участки обзора. Границы участков обзора дороги и ландшафтных пространств не во всех случаях совпадают. Напри-



Рис. 50. Систему ландшафтных пространств соединяет дорога

мер, один обозримый участок дороги, пределы которого определены выпуклыми участками профиля, может пересекать одну или несколько ландшафтных пространств.

Внутренние объемные элементы ландшафтного пространства, наоборот, могут расчленить дорогу на несколько участков обзора.

Возникшие в ландшафте пространства необходимо определять при архитектурном оформлении дорожной полосы в целях сознательного и целесообразного использования их содержания и оптимального размещения элементов благоустройства (зданий, насаждений). Учет ландшафтных пространств не менее важен при трассировании, чтобы найти расположение дороги, которое находилось бы в единстве с ландшафтом.

Организация придорожной полосы и зоны в первую очередь направлена на создание благоприятных условий для восприя-



холмистой возвышенности, образующей овраги и отдельные участки. Направление направлений и расстояний. Одним из таких средств является оптическое расчленение дороги на более короткие участки. Поэтому при трассировании весьма желательно сохранить отдельные деревья или их группы и подключать к полосе дороги кулисы леса. Указанными средствами подчеркивается глубина пространства и дается возможность водителю лучше воспринимать расстояние. Отдельные взрослые деревья могут служить близкими оптическими целями или пространственными ориентирами (рис. 51).



Рис. 51. Близкий ориентир подчеркивает глубину пространства и облегчает восприятие расстояний

Если пределы ландшафтных пространств являются явно выраженными, то, проектируя полосу дороги, стремятся это учитывать и не разделять природное пространство новыми мелкими объемными элементами. Необходимо сознавать, что размещаемые на дорожной полосе новые объемы являются мелкими по отношению к ландшафтному пространству. Поэтому элементы благоустройства стремятся подключать к границам ландшафтных пространств (рис. 52). Если это невозможно, тогда новые объемы усиливаются с расчетом, чтобы создать новый элемент достаточно сильного влияния. В случаях, когда в подключенном к дороге пространстве находятся разные мелкие хаотически размещенные элементы, их объединяют или устраняют.

Размещая в данном ландшафтном пространстве новые крупные элементы, создается новое ее внутреннее деление. При



формировании новых элементов стремятся к сохранению общего характера пространства, избегая мелкого его расчленения.

При архитектурном формировании дорожной полосы в качестве образующих средств используются все элементы благоустройства. Наиболее широко применяют насаждения. Большое значение имеет также обработка поверхностей. Наилучшим считают покров одного тона, который образуют трава, вереск. Контрастно окрашенные элементы благоустройства на такой поверхности действуют как сильные акценты. Поверхность полосы по цвету и фактуре должна гармонировать с фоном.

При пространственной организации придорожной зоны считаются с климатическими условиями и сезонными изменениями ландшафта.

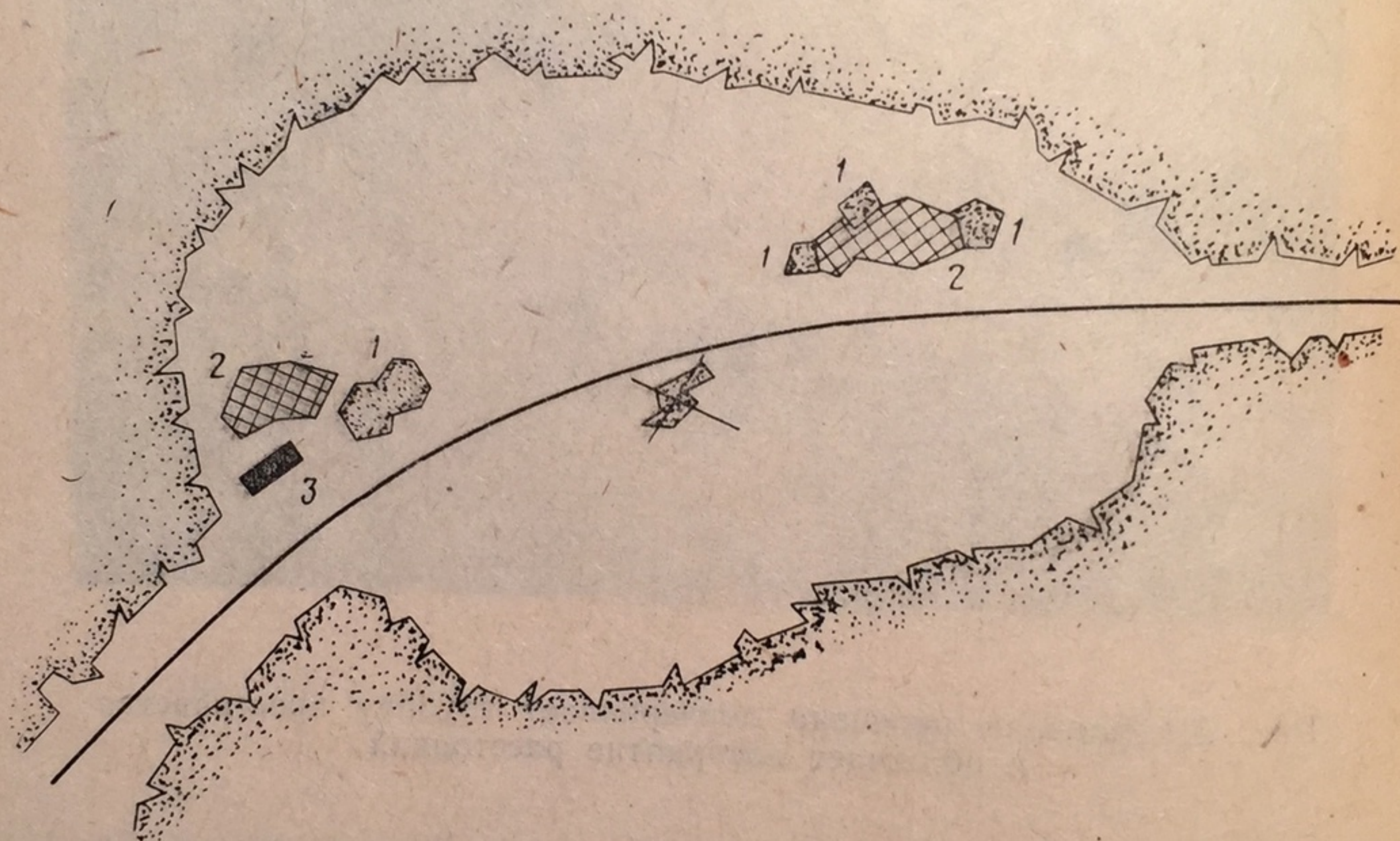


Рис. 52. Пример организации придорожного ландшафтного пространства:  
1 — существующие объемные элементы; 2 — новые объемы; 3 — автопавильон

Сильный оптический ориентир в виде группы лиственных деревьев зимой, когда они обнажены, станет малозаметным, поэтому в группы ориентиров необходимо включать вечнозеленые породы.

Полоса дороги является самой близкой окрестностью дороги, ее архитектурное формирование зависит от дорожников. Но взгляду проезжающих доступно более глубокое пространство — зона дороги. Дорожно-эксплуатационным организациям необходимо заботиться о том, чтобы в придорожной зоне сохранилась ценная растительность и другие характерные элементы ландшафта.

Безопасность любого предприятия основывается на быстром и правильном управлении процессом, позволяющем достичь нужного результата.



Рис. 53. П  
камни под

Повышенны  
выгодна, поск  
вать весь узел  
жения можно  
знакам. Разме  
Розмещение  
водит к решен  
странственное.  
форм, растител  
ление дает воз



## ПРОЕКТИРОВАНИЕ БЛАГОУСТРОЙСТВА ДОРОГИ

## § 13. ПЕРЕСЕЧЕНИЯ И ПРИМЫКАНИЯ

Безопасность и удобство движения — основное требование любого пересечения или примыкания. Чтобы удовлетворялись эти основные требования, водитель должен иметь возможность быстро ориентироваться на месте пересечения и избрать направление и режим езды. Хорошо, если, уже подъезжая к пересечению, можно целиком охватить его взором. Это лучше всего достичь с возвышенного места. Поэтому самым благоприятным местом для размещения пересечений является вогнутая поверхность рельефа — лощина.

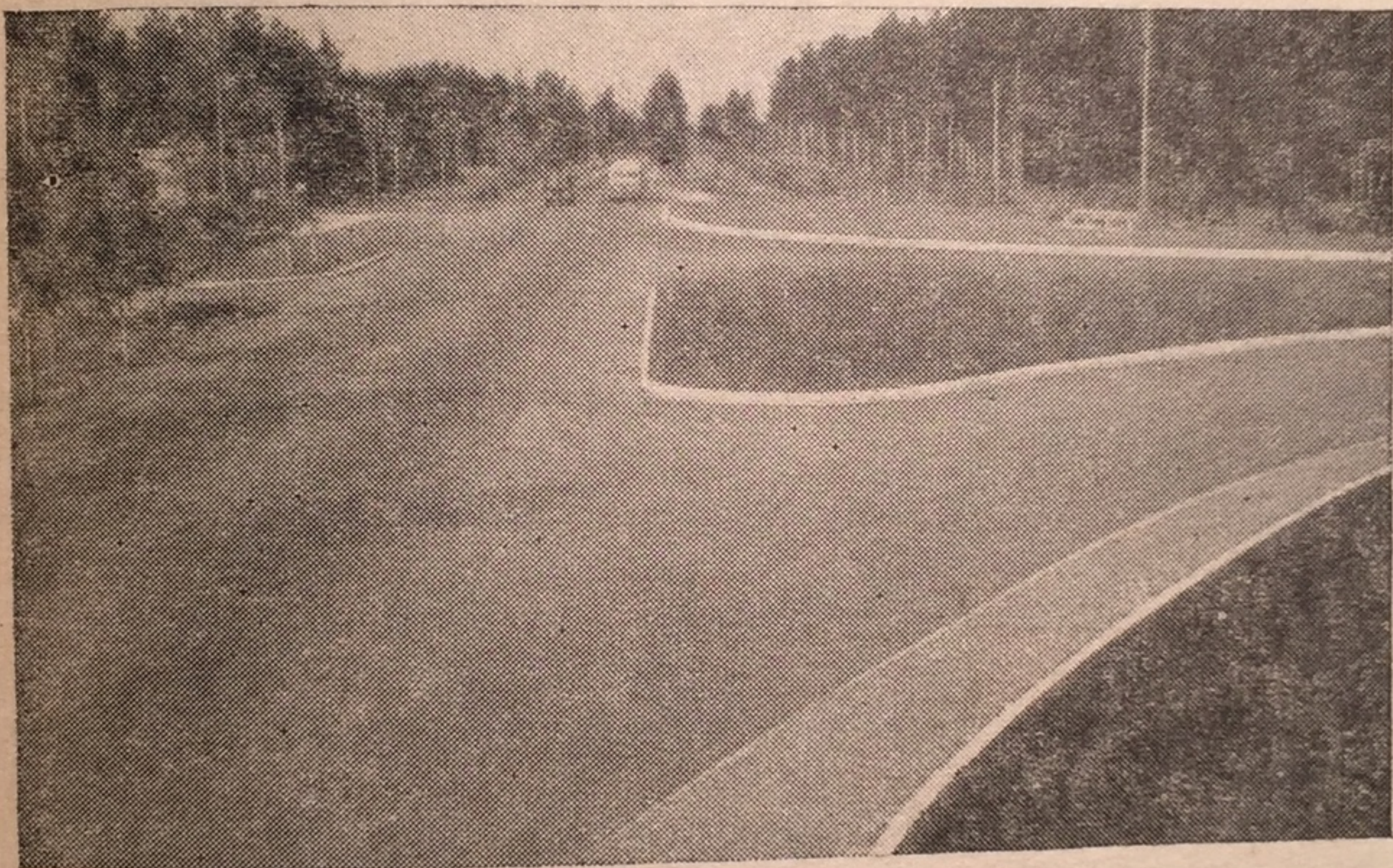


Рис. 53. Примыкание в одном уровне (опушка леса и бортовые камни подчеркивают планировку и создают пространственное впечатление)

Повышенная выпуклая поверхность рельефа для этого невыгодна, поскольку в таких случаях нет возможности обозреть весь узел дорог целиком и о направлениях потоков движения можно судить только по размещенным указательным знакам.

Размещение пересечений в вогнутых формах рельефа приводит к решению, которое уже можно характеризовать как пространственное. Пространственное окаймление достигается рельефом, растительностью и строительными сооружениями. Окаймление дает возможность легче ориентироваться на пересечении.



Планировка пересечения определяет его содержание, а все вертикальные элементы модулируют его и образуют пределы пространства (рис. 53).

Как показывает опыт, часто на хорошо обозреваемых пересечениях, расположенных на просторных ровных открытых местах, но совершенно без каких-либо вертикальных ограничивающих элементов, происходят несчастные случаи. Отсутствие чувства глубины пространства — прямой поощритель аварий.

В пространственном отношении хорошо воспринимается такое пересечение или примыкание, угол которого прямой или близок к прямому. В таких случаях, предусматривая каждому направлению движения свою полосу, получается компактное решение пересечения (рис. 54). Полосы движения соответствуют траекториям движения, а зоны, неиспользуемые для движения, покрыты зелеными островками. Направляющие островки и полосы движения обладают хорошими взаимными соотношениями размеров. Отдаление пешеходного движения от проезжей части и свободная трассировка тротуаров способствуют включению развилки в окружающую среду и обеспечивают безопасность пешеходного движения.

Хорошая плавность разветвлений достигается применением закруглений на съездах в виде сопряженных клотоид и взаимным соответствием начала и конца кривых, расположенных по противоположным сторонам дороги.

Точная отделка всех конструктивных элементов, равномерная высота окаймляющих бортовых камней, хорошо размещенные маркирующие линии и указательные знаки в значительной мере способствуют организации движения на пересечении.

Совершенно необходимо отказаться от размещения на пересечениях разных украшательских элементов: фигур, ваз и реклам, что отвлекает внимание водителя и создает пестроту местности.

Еще недавно направляющими островками пользовались как скверами для отдыха, помещая там скамьи и устраивая насаждения, что привлекало движение пешеходов на пересечения и угрожало безопасности движения. Практика показывает, что самым лучшим решением является устройство прочного газона, причем поверхность островка может быть немного приподнята по направлению к центру с крутизной 1 : 10.

В согласованности пересечения с окружающим ландшафтом существенную роль играет взаимосвязь высоты земляного полотна с окружающим рельефом. Хороший результат получается, если высота насыпи не превышает 1 м над рельефом местности. Особое внимание уделяется тому, чтобы земляному полотну придать плавное очертание (пологие откосы, овальные лотки).

Анализ пересечений и примыканий дорог, построенных на территории Латвийской ССР, показывает, что при организации



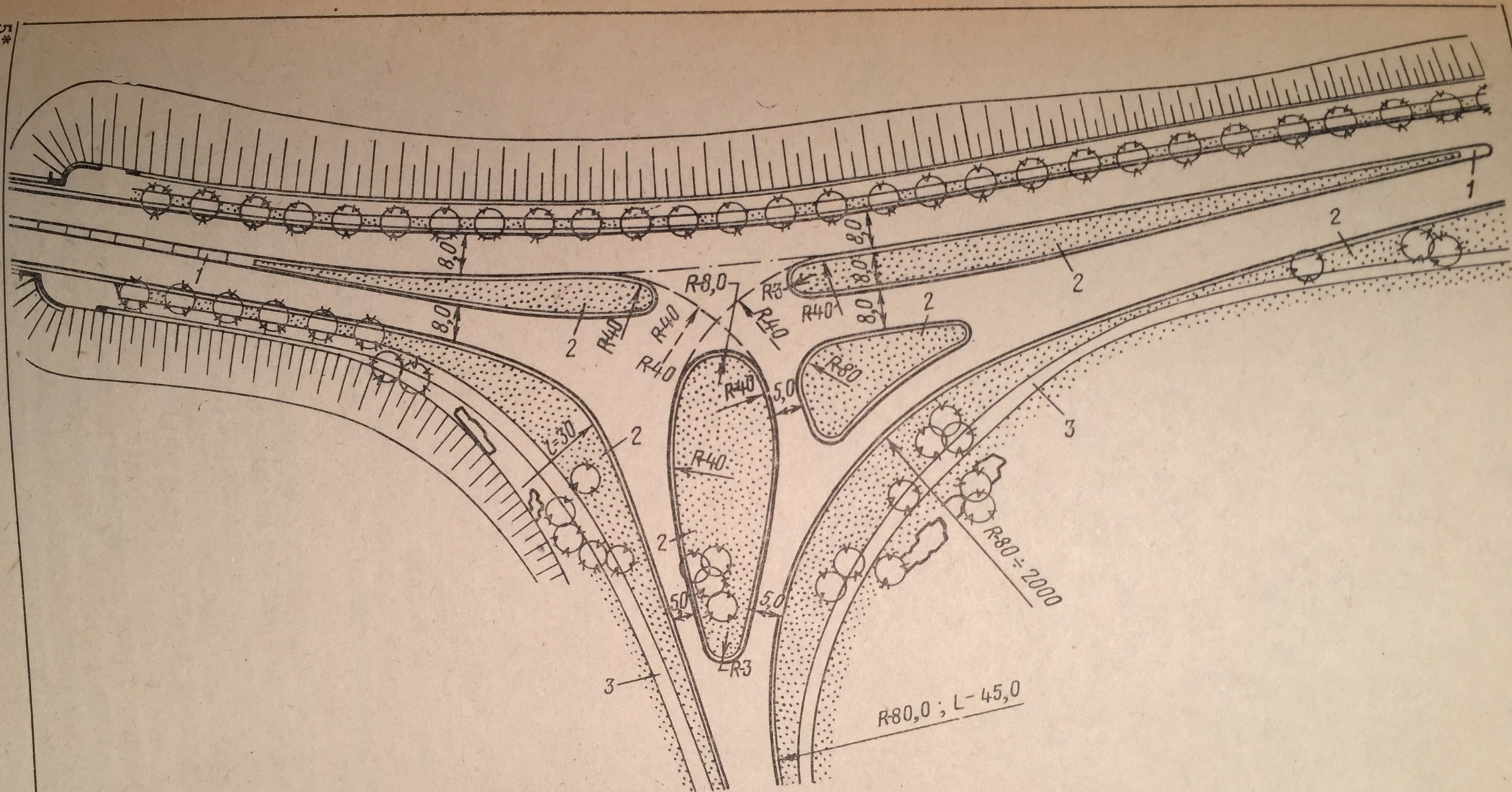


Рис. 54. Компактное примыкание в одном уровне с направляющими островками:  
 1 — цементобетонные полосы; 2 — газон; 3 — пешеходные дорожки



движения в пределах пересечений наряду с компактным планировочным решением имеет важное значение также их вертикальное окаймление.

Основные требования планировки пересечения обуславливаются СНиП, но при использовании характерных элементов рельефа и зелени получается возможность в значительной мере подчеркивать выразительность пространства и тем повышать безопасность движения.

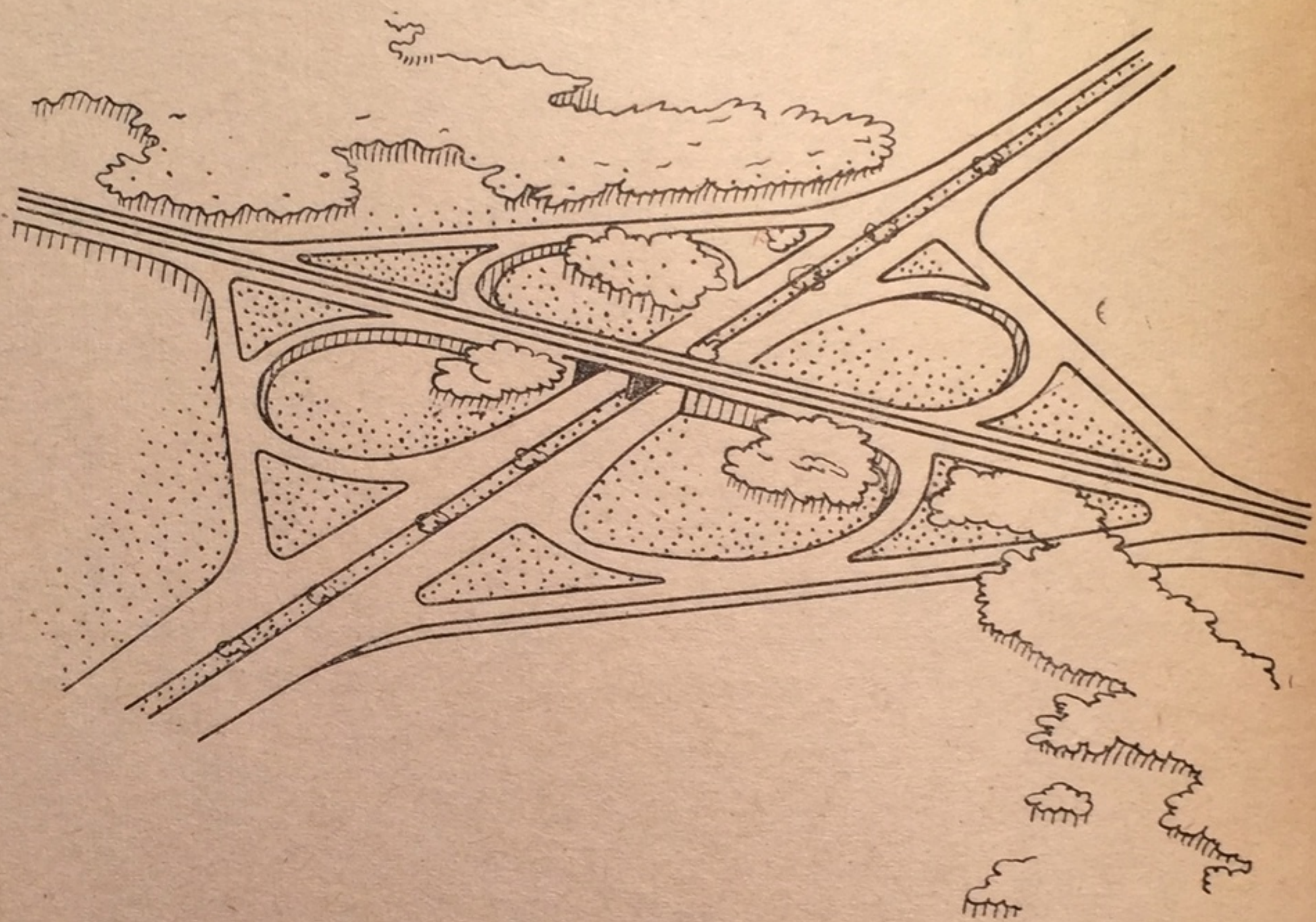


Рис. 55. Увязка транспортного узла с помощью существующей зелени

На рис. 55 видно, что транспортный узел вписывается в окружающий ландшафт с помощью бережно сохраненной зелени. Контуры опушки леса, группы деревьев и кустов смягчают формы насыпи и связывают всю компоновку с местностью.

Умело размещенные насаждения являются средством образования пространственного ограждения, особенно на открытой, ровной местности.

Выразительными группировками деревьев можно подчеркнуть разветвление или пересечение, чтобы они видны были уже издали. Но насаждения не должны закрывать видимость на пересечении. На рис. 56 показаны схемы насаждений, которые помогают водителю ориентироваться в пределах пересечения.

Пересечения дорог с хорошими взаимными пропорциями элементов плана и окаймления приобретают свою индивидуальную выразительность и даже при больших скоростях движения запечатлеваются в памяти водителя: В следующей поездке



водителю легче ориентироваться, поскольку дорога уже знакома.

В пространственном отношении хорошо решенные транспортные узлы являются доминирующими элементами в общем ансамбле дороги и служат точками изменения архитектурного решения дороги. Это относится как к обыкновенным пересечениям в одном уровне, так и к сложным транспортным узлам в разных уровнях.

Уже на первом этапе проектирования принимаются во внимание все вышеуказанные требования. При уточнении места расположения пересечения внимательно оцениваются особенности окружающего ландшафта и его пространственные границы, существующая там растительность, главные формы рельефа, чтобы их уметь использовать в пространственной организации пересечения.

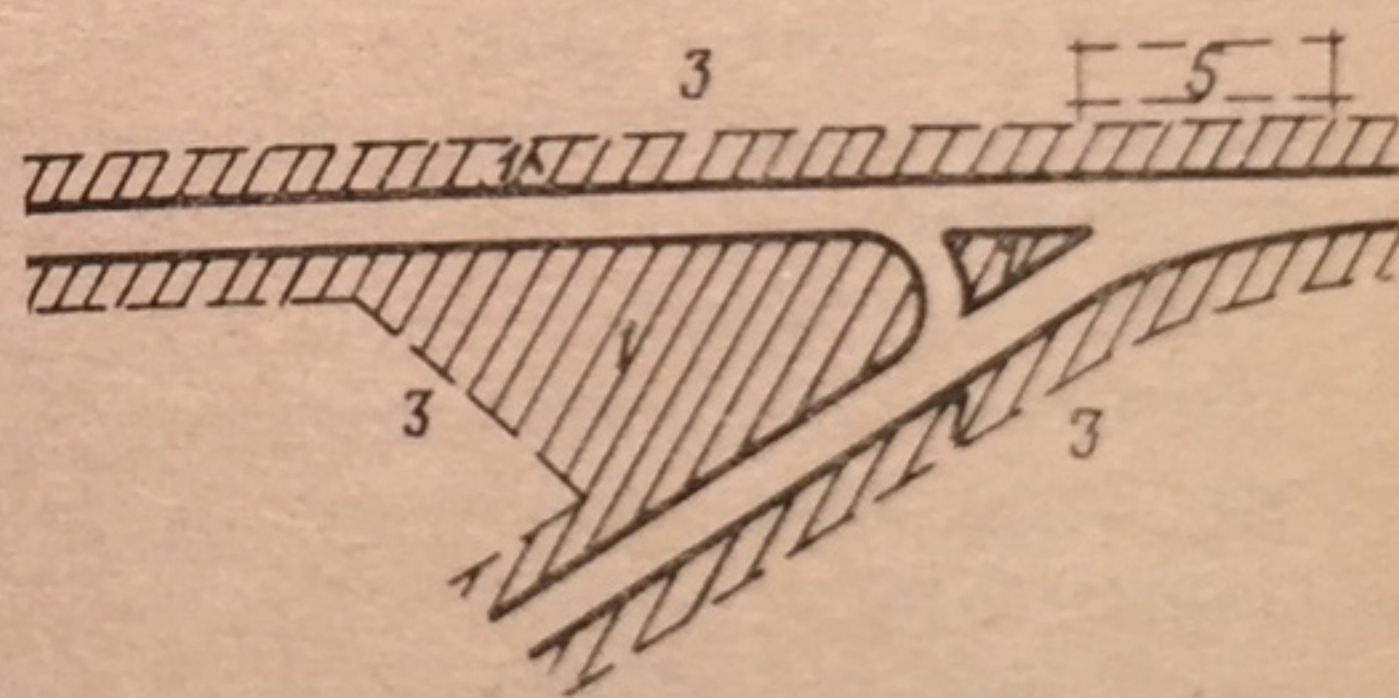
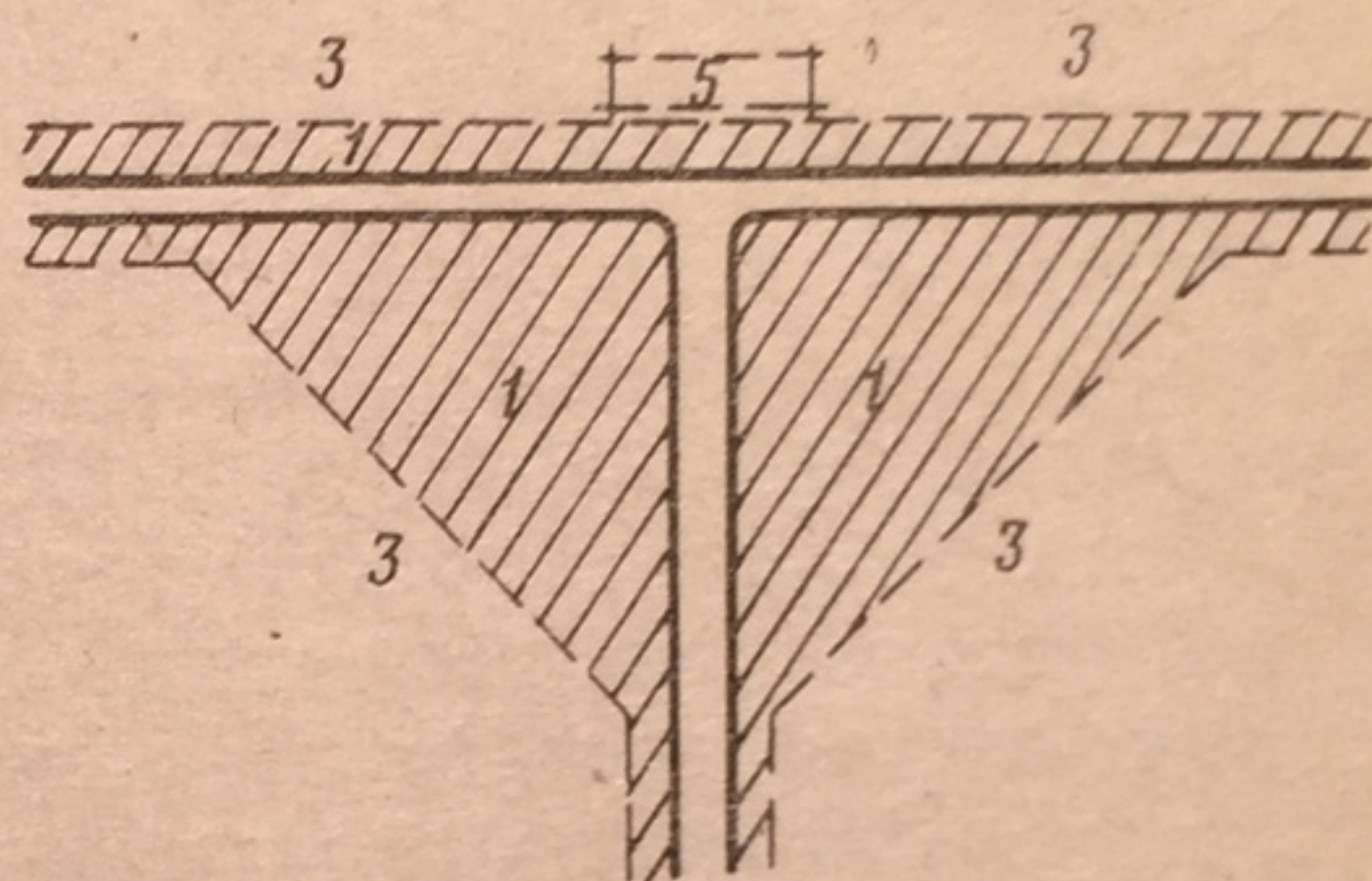
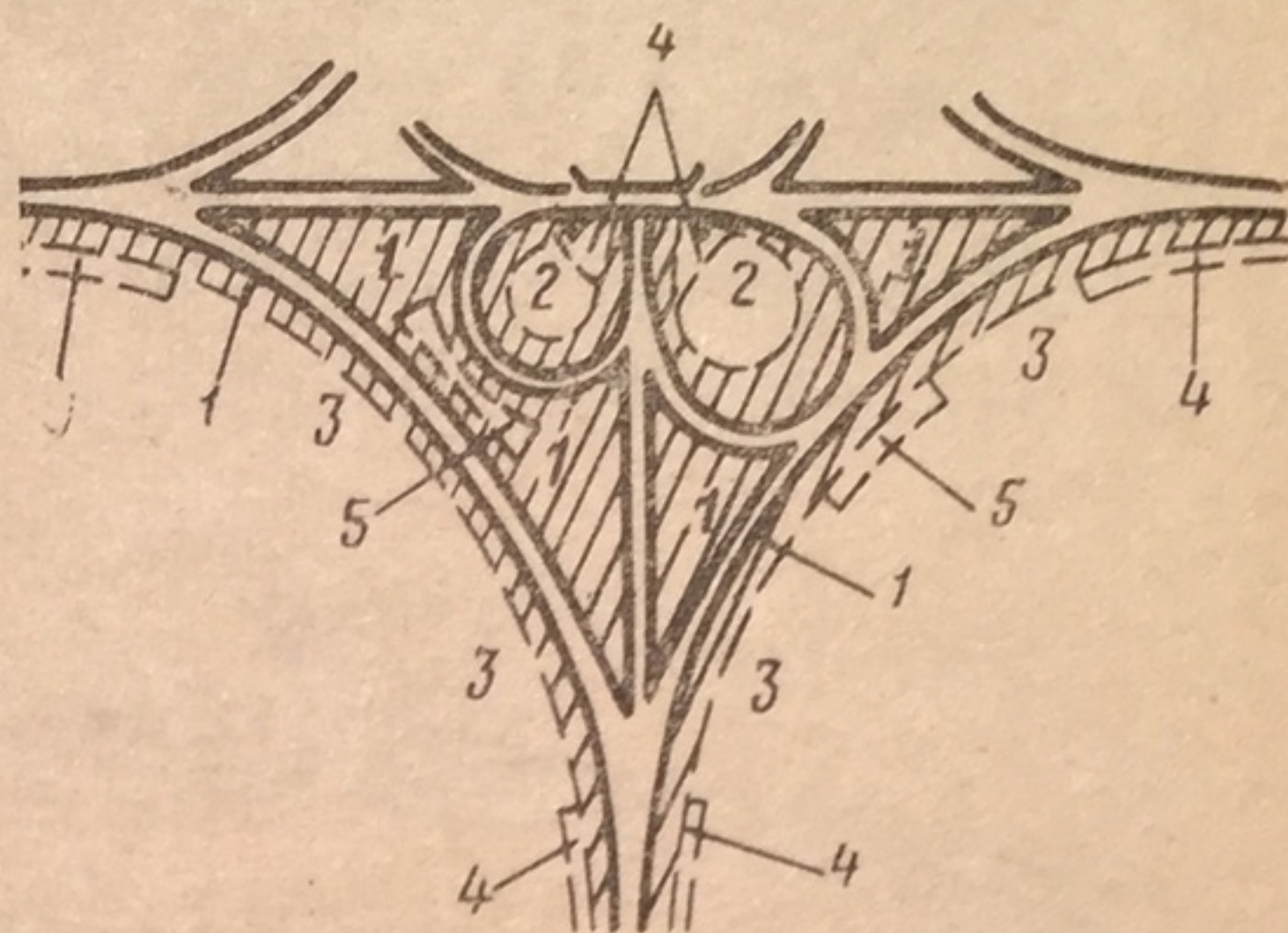


Рис. 56. Схемы озеленения примыканий и пересечений:

1 — газон и низкорослые насаждения; 2 — ажурные насаждения; 3 — посадка деревьев и кустарника допустима; 4 — посадка деревьев и кустарника желательна; 5 — посадка деревьев и кустарника необходима

#### § 14. АВТОБУСНЫЕ ОСТАНОВКИ И АВТОПАВИЛЬОНЫ

Ввиду того, что в Латвийской ССР существует интенсивное автобусное движение и население в сельских районах разрознено по отдельным хуторам, автобусные остановки размещаются сравнительно часто — через 2—4 км, а в пригородных зонах даже через 500—1000 м. Частое размещение автобусных остановок требует тщательной разработки их проектов при соблюдении следующих основных требований:

плановое и пространственное решение автобусных остановок должно способствовать безопасности движения и повышать эстетические качества дороги;



автобусные остановки должны быть удобны для пассажиров.

Опыт эксплуатации автобусных остановок показывает, что удовлетворение вышеупомянутых требований зависит от их расположения, планировки, конструктивного решения и отделки, а также от архитектурного оформления автопавильона и его связи с дорогой и окружающим ландшафтом.

Возмещение остановок обусловлено скоплением пассажиров на определенных местах у дороги. Хотя рациональное место

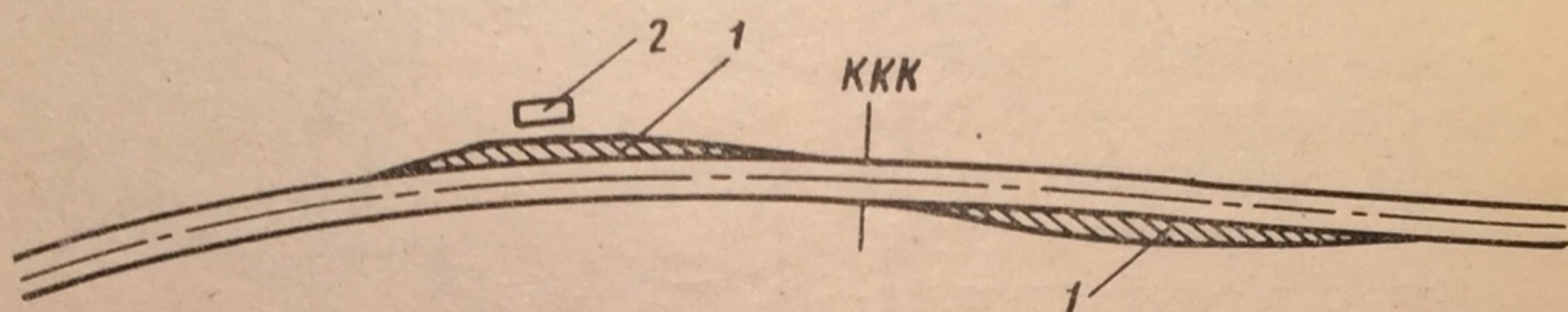


Рис. 57. Размещение автобусных остановок на кривой:  
1 — уширение проезжей части; 2 — автопавильон

остановки этим фиксируется, конкретное ее расположение может быть немного откорректировано в целях лучшего использования природных условий.

Автобусная остановка должна быть своевременно видна с дороги. В свою очередь с остановки должна быть хорошая видимость на достаточно длинный участок дороги. Недопустимо размещать остановки в пределах зоны видимости пересечения и на внутренней стороне кривой.

Если автобусные остановки требуется располагать на участке кривой, то повышение безопасности движения может быть обеспечено следующим образом: их размещают так, чтобы одна остановка находилась на внешней стороне кривой в начале или конце ее, а остановка на противоположной стороне дороги — на прямом участке или в пределах переходной кривой (рис. 57).

В сочетании автобусной остановки с ландшафтом существенную роль играет поперечный профиль земляного полотна. Самыми выгодными местами для размещения остановок автобуса считаются участки дорог, проходящие в нулевых отметках или в небольшой насыпи (до 1 м). В таких местах остановка хорошо связывается с окружающим рельефом и обеспечивает удобное пешеходное движение пассажиров.

Уточняя местонахождение автобусных остановок, особое внимание уделяют характерным чертам окружающего ландшафта. Пассажирам, ожидающим автобусы, надо создать по возможности лучшие микроклиматические условия, сделать укрытие от солнца и ветра.

Рациональное архитектурное проектирование придорожной полосы требует использовать и включать в композицию все

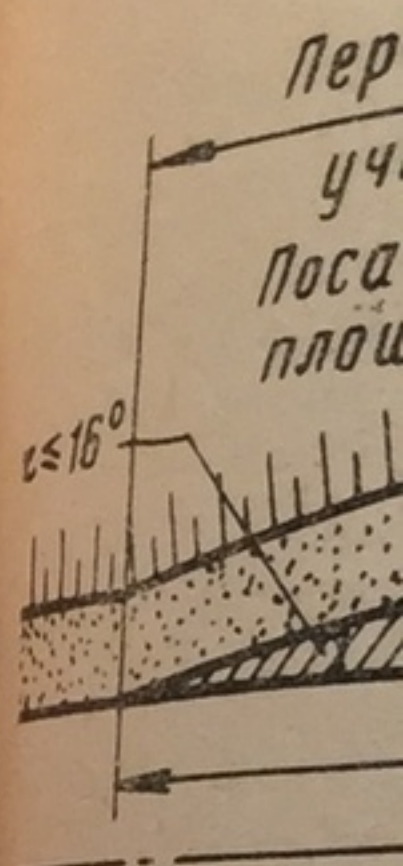


Рис. 58. Автоб

Как прави...  
остановок авт...  
са, состоящая...  
гона, а также...  
для пассажи...  
Чтобы у во...  
на дополнитель...  
ния предусматр...  
На дорогах...  
автобусные ост...  
сообразно пред...  
ной полосы с...  
ния (рис. 58). П...  
предусматривает...  
рога, или отделя...  
ется место стоян...  
Асфальтобето...  
площади...  
на солнце ра...  
неблагоприятн...  
грязноват...  
для малых а...  
На посадоч...  
покрытие из



ценное, существующее в природе. Поэтому автобусные остановки по возможности размещают около деревьев, растущих вблизи дороги, роць или на фоне леса.

Анализируя построенные автобусные остановки разного типа, можно констатировать некоторые недостатки в их планировке и отделке, выдвинуть некоторые предложения по проектированию, чтобы их решения обеспечивали безопасность движения и соответствовали бы общим требованиям архитектуры дорог.

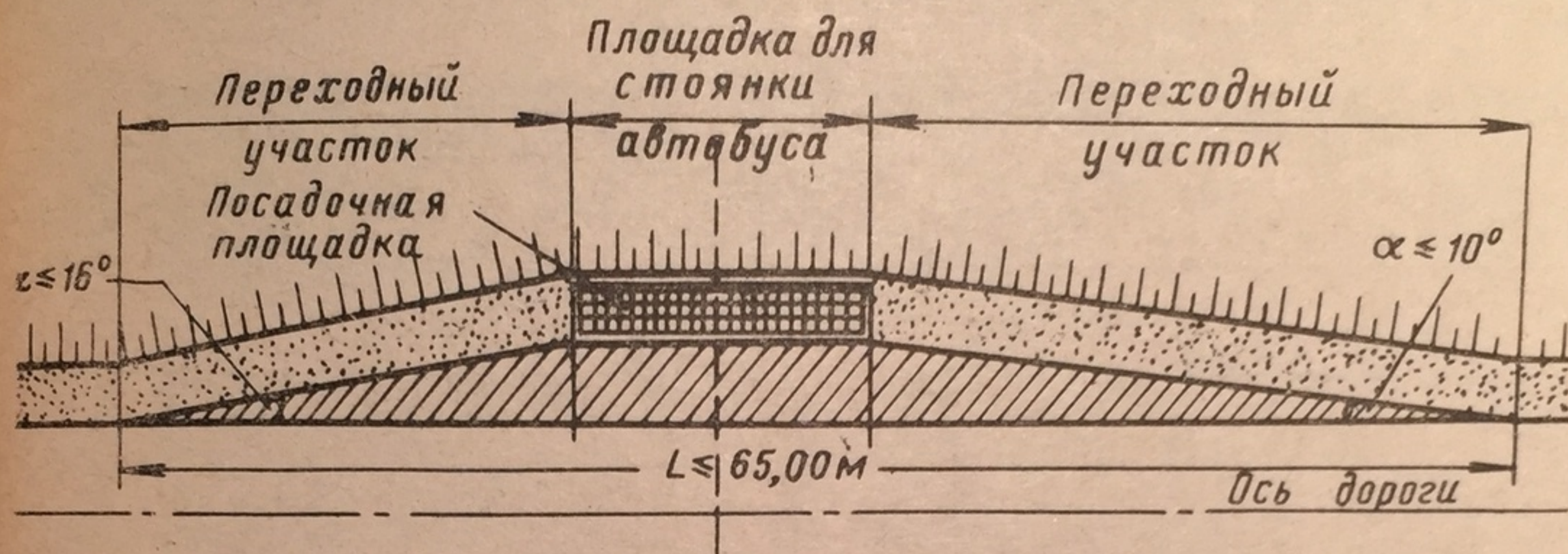


Рис. 58. Автобусная остановка для автомобильных дорог IV и V категорий, применяемая в Латвийской ССР

Как правило, в целях повышения безопасности движения у остановок автобусов предусматривается дополнительная полоса, состоящая из стоянки автобусов и полос торможения и разгона, а также зона в виде повышенной посадочной платформы для пассажиров.

Чтобы у водителя создавалась уверенность в удобстве въезда на дополнительную полосу, угол отклонения полосы торможения предусматривается в пределах 4—10°.

На дорогах IV и V категорий, где намечаются небольшие автобусные остановки с общей длиной не больше 60 м, целесообразно предусматривать переходные участки дополнительной полосы с прямыми контурами без радиусов округления (рис. 58). Покрытие дополнительной полосы движения предусматривается иного цвета и материала, чем основная дорога, или отделяется разметкой. Таким образом четко выделяется место стоянки автобуса и улучшается его восприятие водителем.

Асфальтобетон наиболее распространенное покрытие на посадочных площадках, но его нельзя считать подходящим. Летом на солнце раскаленное асфальтобетонное покрытие создает неблагоприятные условия для ожидающих пассажиров; темносерый, грязноватый цвет покрытия не является хорошим фоном для малых архитектурных форм, размещенных на остановке. На посадочных пассажирских площадках хорошо выглядит покрытие из бетонных плиток (рис. 59), разных по своей



величине и конфигурации, а также покрытие из мелкой гальки или доломитовых плит.

Важный фактор, увязывающий автобусную остановку с местностью, — вид поперечного профиля земляного полотна на

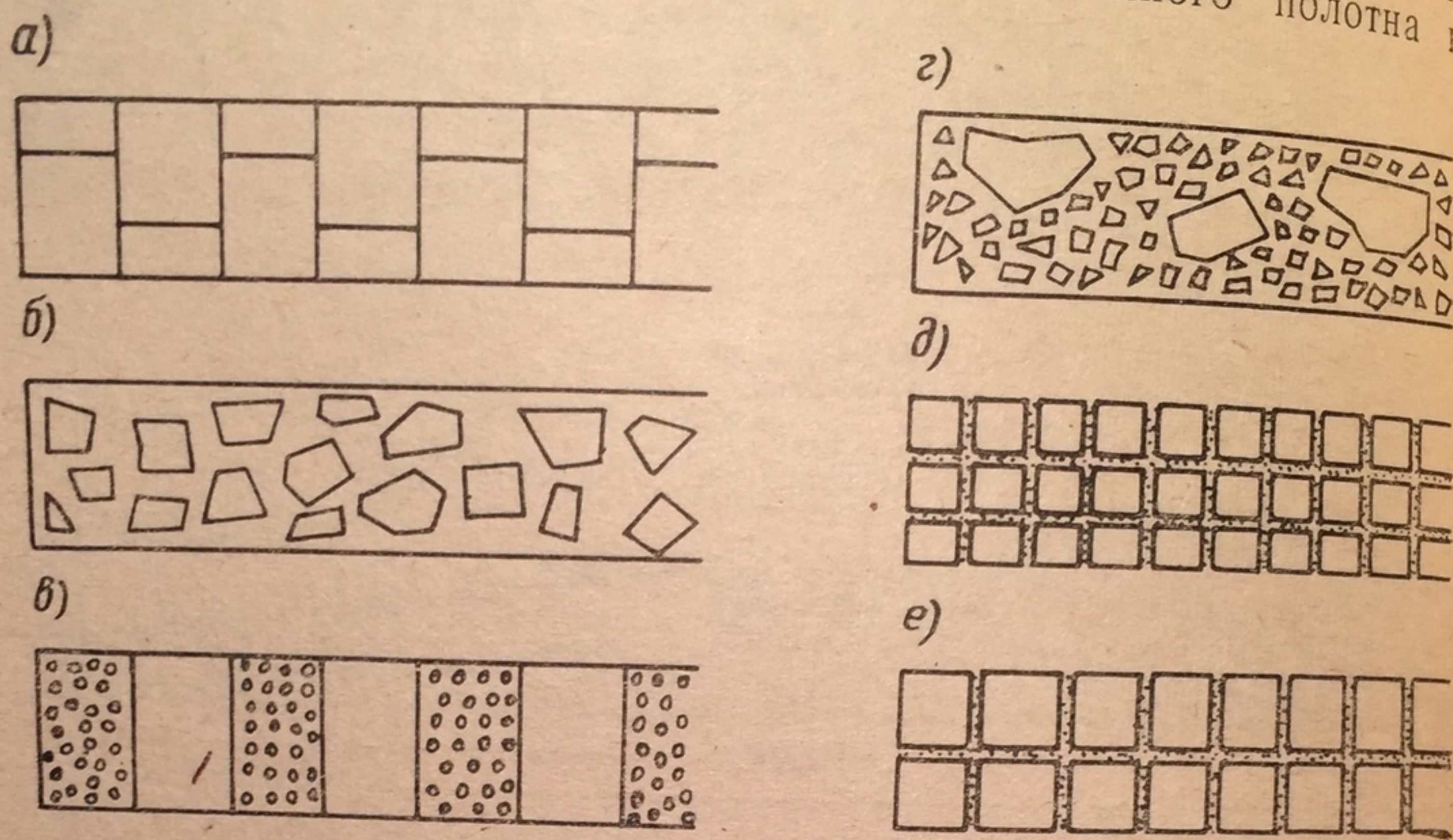


Рис. 59. Различные материалы в покрытии посадочных площадок: а — бетонные плитки; б — камень в бетоне; в — галька в бетоне; г — щебень в бетоне; д — бетонные плитки с промежутками, заполненными гравием; е — бетонные плитки с промежутками, заполненными травой

месте автобусной остановки. Чем больше крутизна откоса соответствует формам рельефа на данном месте, тем лучше автобусная остановка сочетается с ландшафтом. Поэтому откосы земляного полотна по возможности устраивают пологими, с

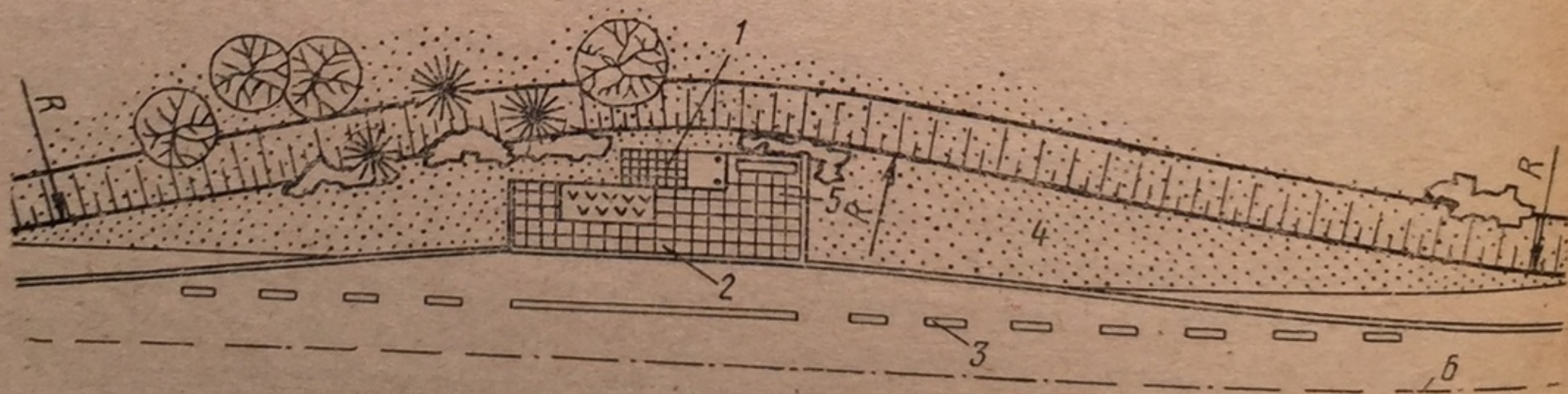


Рис. 60. Уширения земляного полотна на автобусной остановке: 1 — автопавильон; 2 — бетонный бордюрный камень; 3 — разметка; 4 — газон; 5 — покрытие из бетонных плиток; 6 — ось дороги

максимальным уклоном 1 : 3, чтобы контуры расширенного полотна дороги плавно, без изломов следовали за контуром расширения дополнительной полосы. Вышеупомянутые требования целесообразно соблюдать также и в случаях привязки автопавильонов (рис. 60).



Размещение и вид автопавильонов влияют на архитектурную организацию придорожной полосы, поэтому эти вопросы принципиально решаются уже во время изысканий дороги. Автопавильоны, размеры которых вытекают из пропорций, соответствующих росту человека, облегчают водителям и пассажирам восприятие объемов окружающей среды; их взаимное отношение позволяет лучше оценить впереди лежащий участок.

При проектировании автопавильонов учитываются следующие основные требования: создать максимальные удобства для

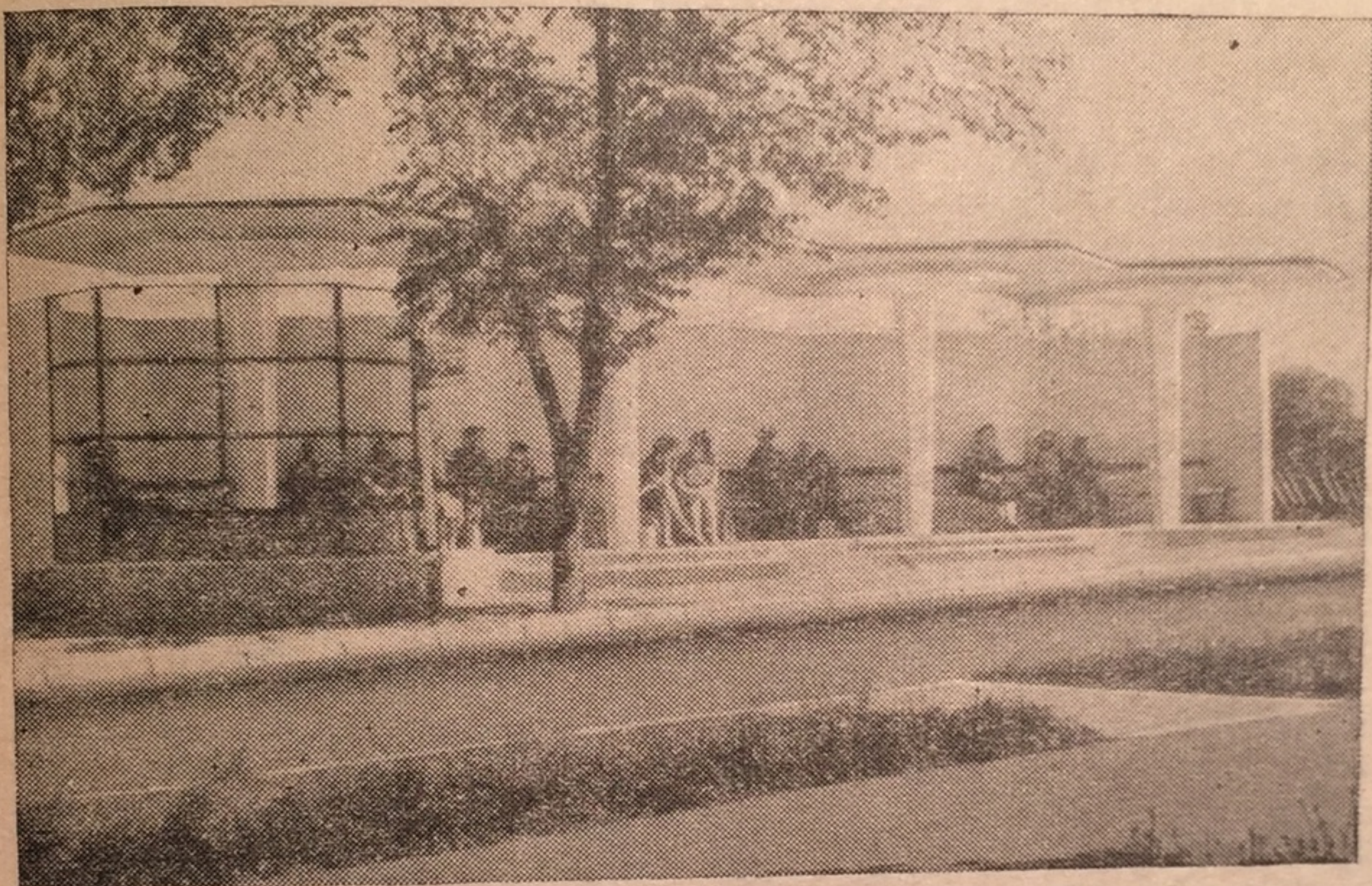


Рис. 61. Сборный железобетонный автопавильон

пассажиров и для эксплуатации павильона; применить модульную систему в плановом решении автопавильона и предусмотреть унификацию конструктивных элементов; создать проект, соответствующий современной архитектуре автомобильных дорог.

Автопавильоны размещают в разных местах (на промежуточных участках дороги, в населенных пунктах, в пригородных зонах) и в разных климатических условиях. Отсюда вытекает необходимость предусмотреть автопавильоны разной вместимости, с разной степенью благоустройства и внешним обликом. При каждой привязке автопавильона выбирают самый рациональный тип, исходя из следующих факторов: интенсивности автобусного движения и притока пассажиров в данном месте с учетом сезонности, окружающего ландшафта и климатических условий.

Автопавильоны устраивают разной вместимости закрытого или открытого (рис. 61) типа при соблюдении единства архитектурных форм.



Целесообразно предусмотреть у автопавильона небольшой навес, а стены по возможности сделать прозрачными. Пассажиры получают возможность хорошего обзора дороги, они чувствуют себя в убежище, но они не теряют также и чувства связанности с процессом движения на дороге. Примером может служить автопавильон (рис. 62), стены которого построены из прозрачного стеклопласта и витражей. Задняя стена автопавильона выстроена из местного естественного камня, хорошо изолирует пассажиров от неприятной застройки поблизости и создает архитектурно выразительный и характерный для данной местности колорит.

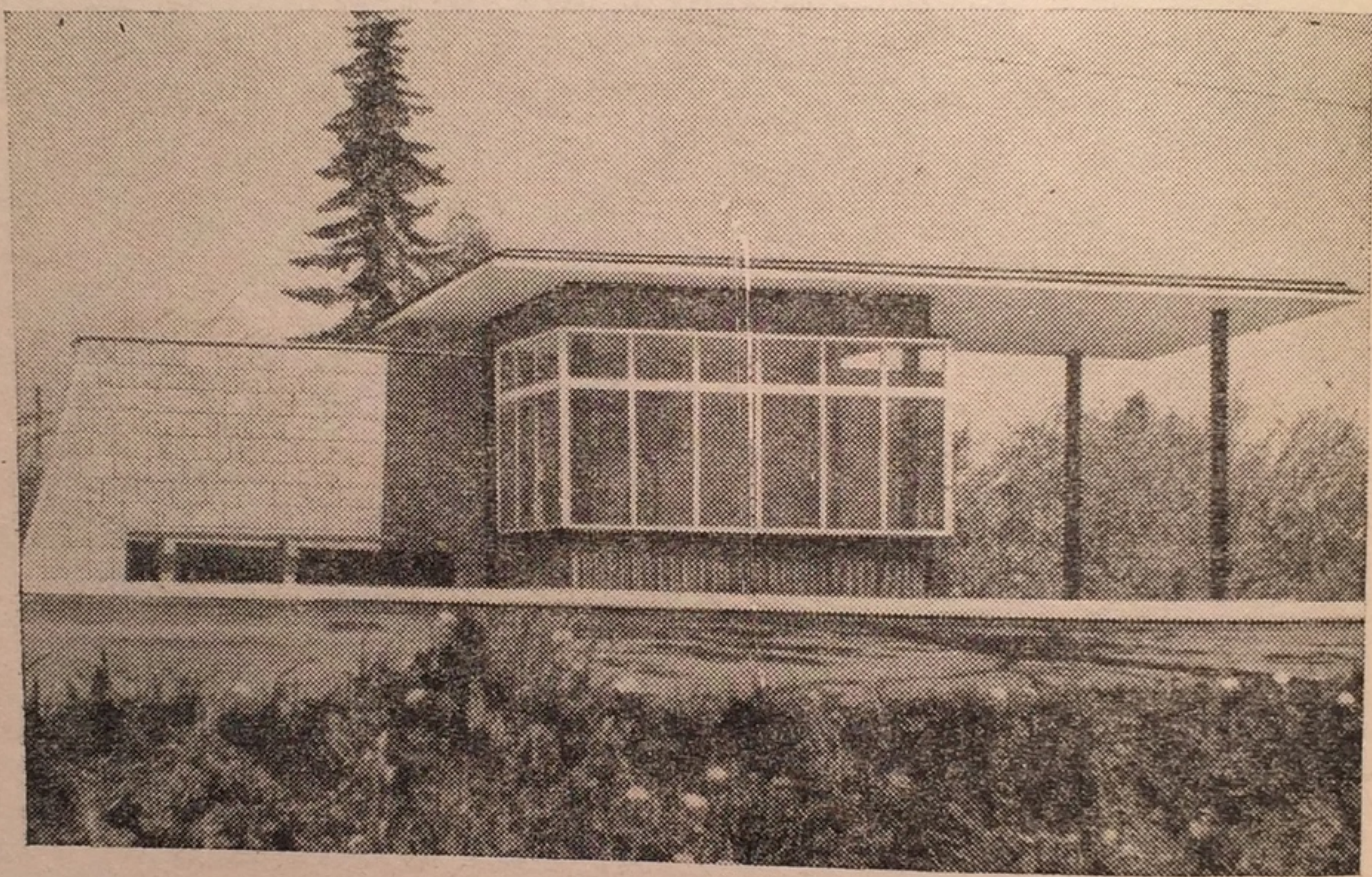


Рис. 62. Автопавильон.

Учитывая, что на автобусных остановках желательны также туалетные помещения и чтобы отдельные небольшие строения не создавали пестроту на участке остановки, в Латвийской ССР устраиваются автопавильоны с блокированными помещениями ожидания и туалетной.

Чем проще и лаконичнее пространственное и объемное решение автопавильона, тем лучше он сочетается с дорогой и тем легче человек воспринимает его с движущегося средства транспорта.

Большое значение имеет покраска автопавильонов. Яркие чистые краски деталей автопавильонов позволяют своевременно охватить взором небольшое здание и достичь контраста в однообразном ландшафте.

Расстояние автопавильона от бровки проезжей части и отношение высотной отметки пола к проектной линии дороги имеют существенное значение для органической связанности

автопав  
расстоя

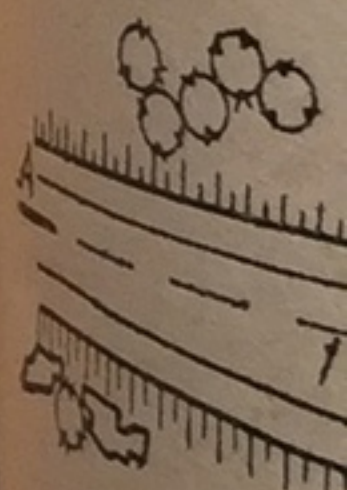
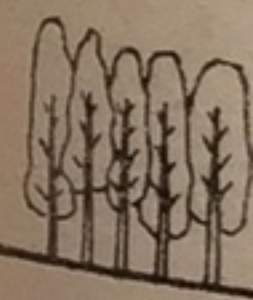


Рис. 64.  
уширение

а также же  
павильон поме  
дается кюве



автопавильона с дорогой. На рис. 63 показано желательное расстояние автопавильона от бровки проезжей части дороги,

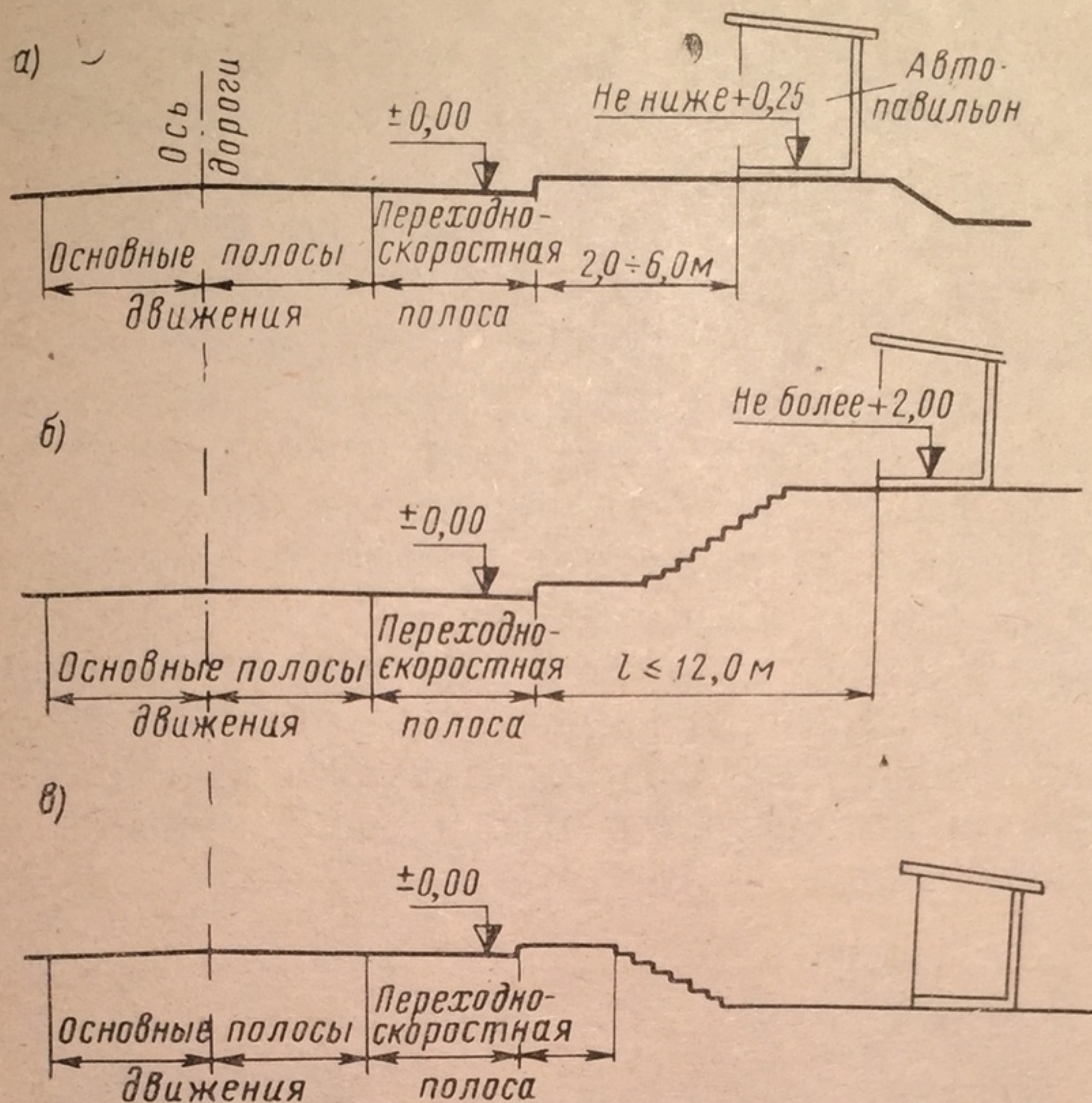


Рис. 63. Примеры расположения автопавильонов: а, б — правильное, в — неправильное

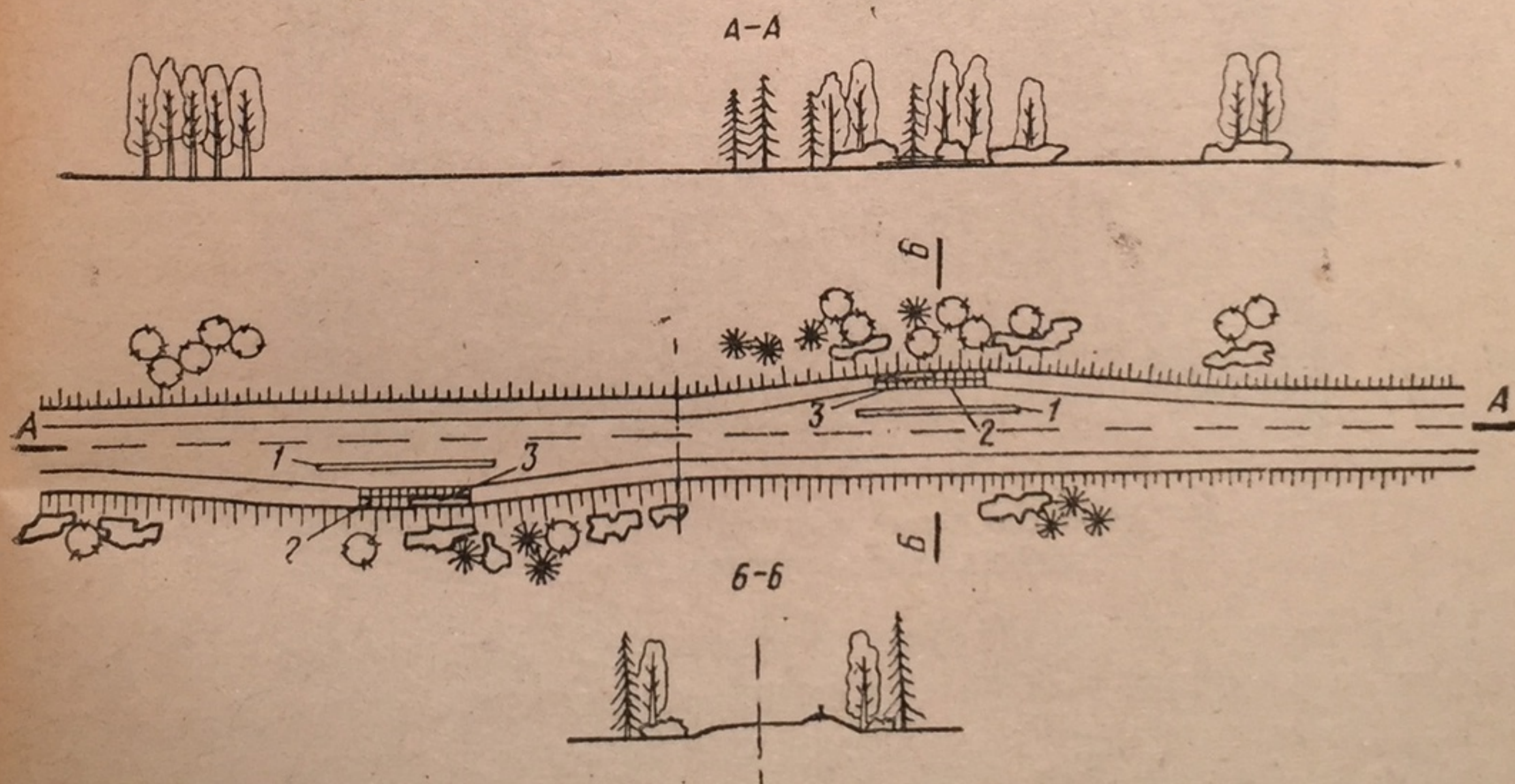


Рис. 64. Схема планировки и озеленения автобусных остановок: 1 — уширение проезжей части; 2 — посадочная площадка пассажиров; 3 — скамья

а также желательная высотная отметка пола. Если автопавильон помещается дальше 6 м от края платформы или отделяется кюветом, то он теряет свою связь с дорогой и пользу-



щиеся дорогой пассажиры воспринимают его как самостоятельное, не принадлежащее дороге строение. Оторванность автопавильона от дороги получается также в случаях, если он помещен у подошвы насыпи дорожного полотна или выше 2 м над проектной линией дороги. Поэтому от подобных решений в практике проектирования отказываются.

Важную роль играют насаждения на автобусных остановках, которые создают благоприятный микроклимат для ожидающих пассажиров, своевременно ориентируют водителей автобуса и приближающихся пассажиров, а также смягчают контуры земляного полотна. Примером может служить схема насаждений со смешанными группами хвойных и лиственных деревьев и кустов, которые подчеркивают плановое решение остановок автобусов (рис. 64).

Остановки автобусов в зависимости от их места нахождения и окружающей обстановки часто служат архитектурным средством, акцентирующим и организующим пространство дороги (рис. 65), или используются как место изменения композиции придорожной полосы.

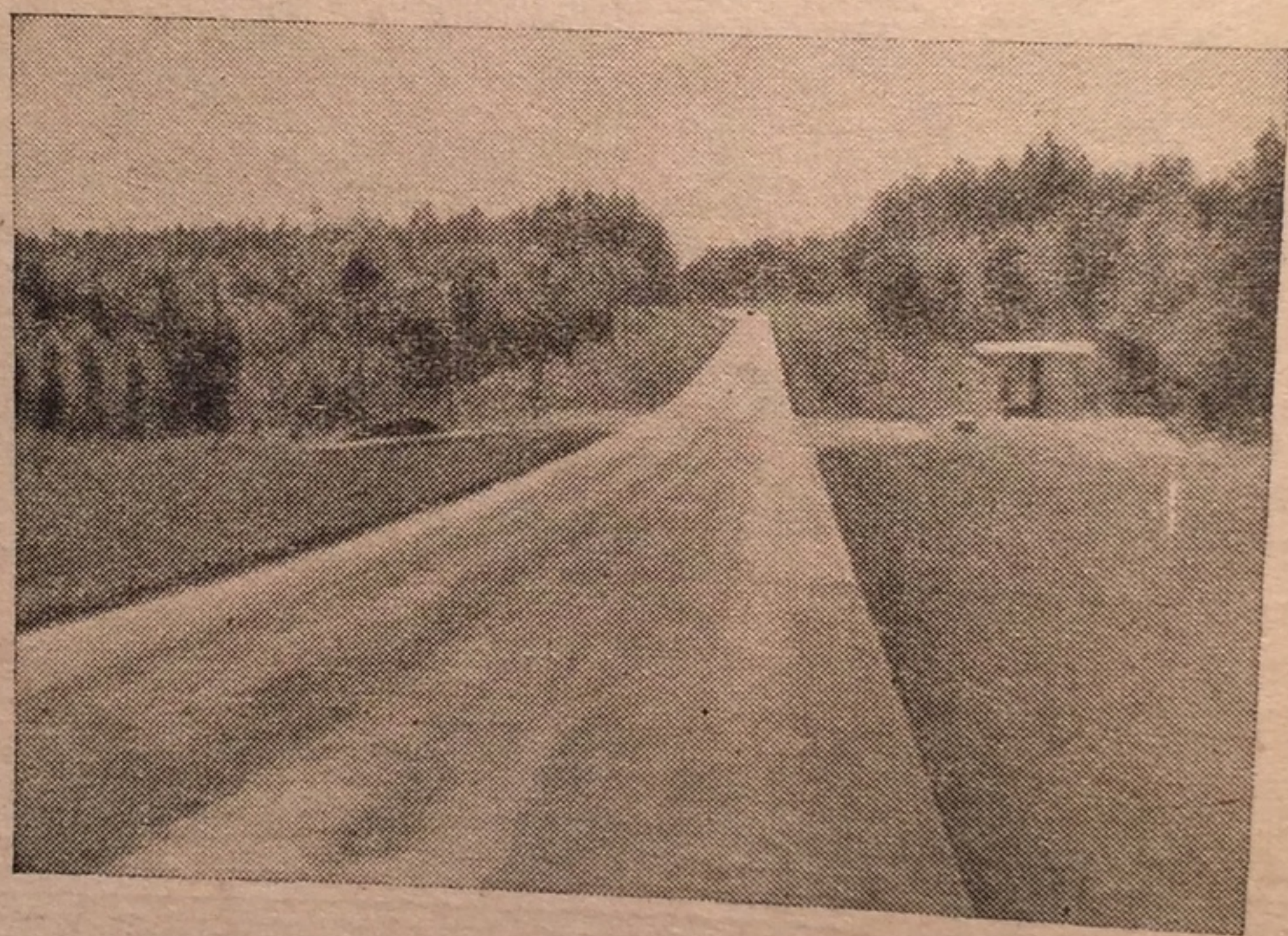


Рис. 65. Автопавильон как архитектурный акцент ландшафтного пространства

Практика проектирования показывает, что устройство автобусных остановок требует внимания проектировщиков на всех этапах проектирования, начиная с изыскания дороги и кончая детальными рабочими чертежами.

#### § 15. МЕСТА ОТДЫХА

Продолжительная поездка в автомобиле утомляет водителя и пассажиров, уменьшает их работоспособность. Движения водителя за рулем однообразны и ограничены, его взгляд направлен на некоторое расстояние впереди автомобиля, внимание



сосредоточено на проезжей части дороги. Чтобы во время поездки иметь возможность отдыха, надо остановиться, выйти из машины, но остановившийся автомобиль — препятствие движению на дороге. Возможность съехать в сторону от дороги и остановиться на оборудованных стоянках устраняет подобного рода препятствие, но необходимо создать также и благоприятные условия для всех пользователей дороги, разрядить нервное напряжение, создать условия свободного передвижения и отдыха утомленному зрению. Широкий вид на окрестность, тенистое, защищенное от ветра место, близость воды — условия, благоприятствующие отдыху. Желательно, чтобы от-

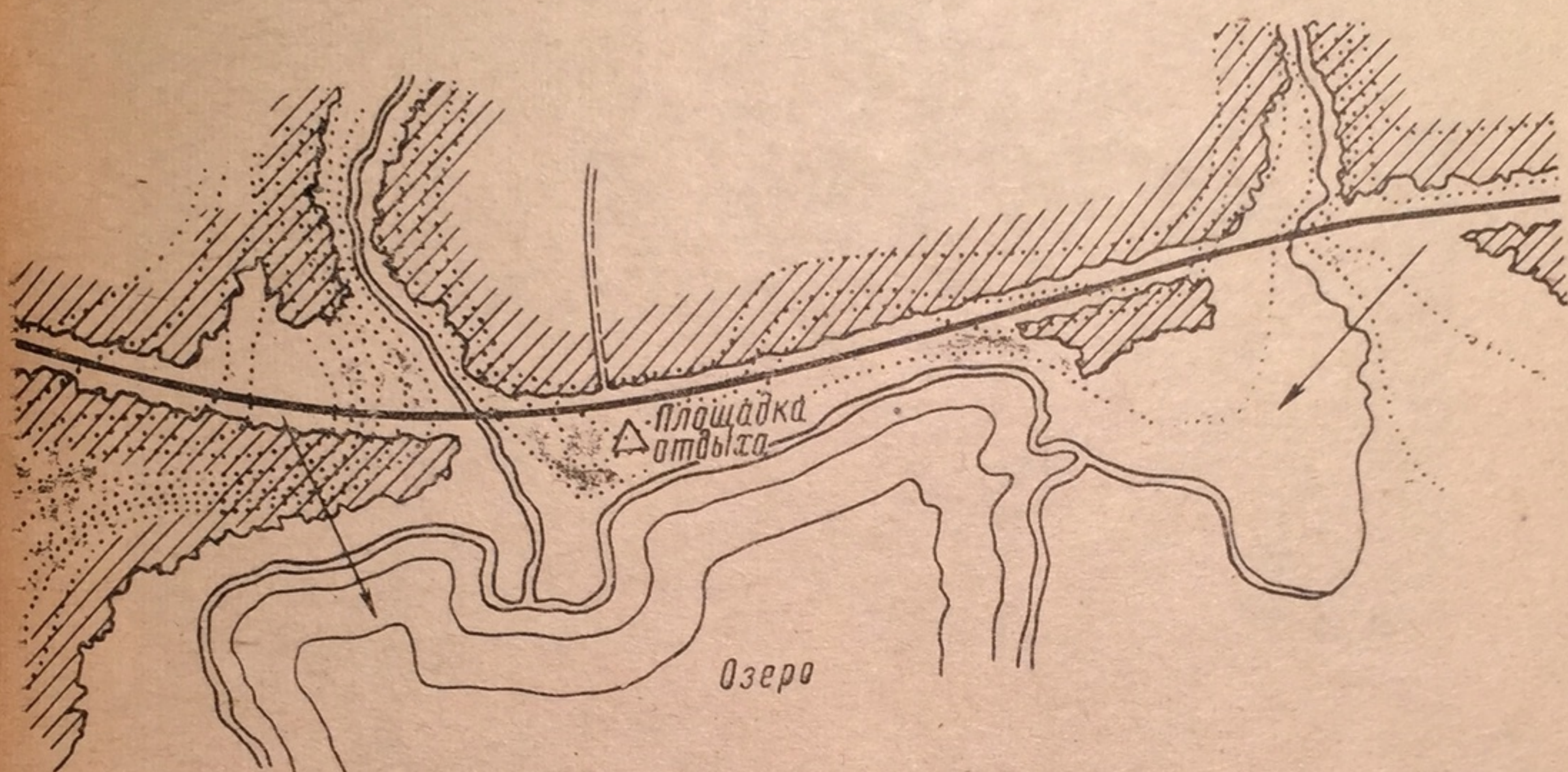


Рис. 66. Пример трассирования автомобильной дороги с учетом расположения мест отдыха

дых был периодическим, поэтому места отдыха размещают, соблюдая определенные интервалы. Расстояние между местами отдыха зависит от интенсивности и характера движения; в условиях Латвийской ССР их следует устраивать через каждые 20—40 км.

Расположение мест отдыха уточняется в зависимости от того, насколько природные условия приспособлены для этой цели. Место, намеченное для отдыха, должно быть таким, чтобы усталому водителю хотелось там остановиться и отдохнуть; лучше всего подходят места с живописным ландшафтом, которые отмечаются при трассировании. При дальнейшем проектировании уточняют места расположения площадки отдыха и устанавливают необходимые интервалы между ними. Требование помещать места отдыха в благоприятных природных условиях иногда вызывает необходимость прокладывать трассу так, чтобы она проходила близ выгодного для этой цели участка. На рис. 66 изображен участок дороги, умышленно приближенный к озеру с целью использования его берега в качестве



места отдыха. Дорога на этом участке проведена вдоль естественной границы ландшафтного пространства — опушки леса. Водителю и путешественнику с возвышенного места рельефа своевременно открывается широкая панорама на озеро, вызывающая их интерес.

На непродолжительное время вид на озеро исчезает, а потом взору открывается место отдыха; человек психологически подготовлен для отдыха.

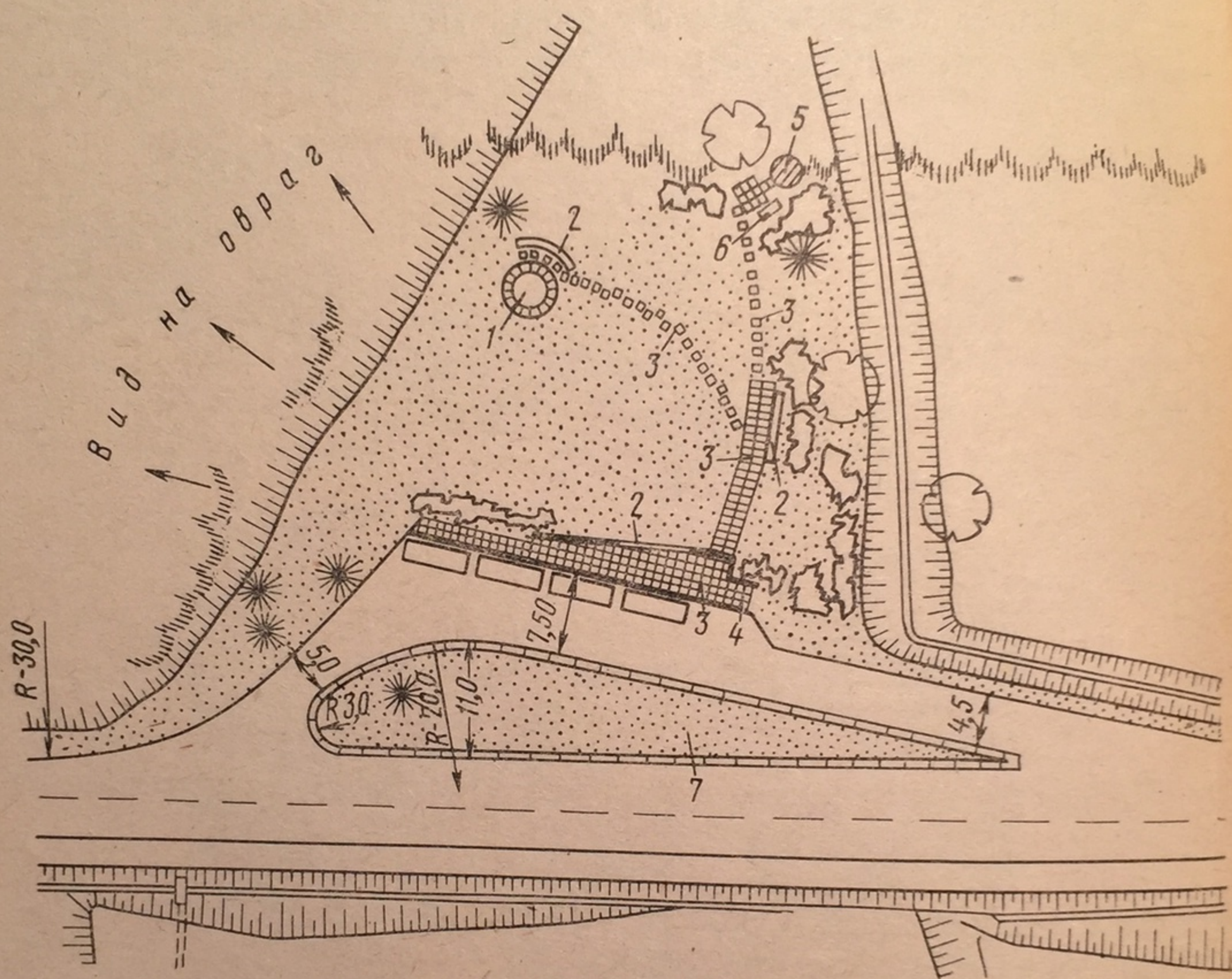


Рис. 67. Решение места отдыха:

1 — место для костра; 2 — скамья; 3 — пешеходные дорожки; 4 — подпорная стенка; 5 — туалет; 6 — мусорный ящик; 7 — разделительный островок

Для создания разного вида отдыха у магистральных автомобильных дорог в Латвии предусматриваются небольшие стоянки для 4—6 автомобилей и большие, развернутые места отдыха в комплексе со столовой, спортивными и игровыми площадками. Малые места отдыха признаются более рациональными и экономически выгодными, поскольку существует возможность разместить их чаще и они дают возможность спокойно отдохнуть.

Места отдыха обычно располагаются на более возвышенных местах рельефа, где за выемкой следует насыпь, на перегонах трассы, проложенных вдоль выраженных границ природного пространства.

Участки  
жны предус  
ми и благоу  
Если ме  
женным ре  
используя х  
зонировани



ли. На ровн  
нижение тер  
шении хорош  
зоны и подчер  
мание уделяе  
пенькам, ска  
ходных дорож

Для этих  
которые хорош  
ных стенок и  
дорожек и пл

бетонные плит  
Лучшим ф  
тается прочн  
можно посади

данную для н  
вала тень и э  
чувствовать с  
Отделка с  
что тут друго  
юта и привле



Участки мест отдыха подлежат четкому зонированию и должны предусматривать зону для стоянки автомашин с подъездами и благоустроенную зону отдыха для проезжающих (рис. 67).

Если место отдыха располагается на участке с ясно выраженным рельефом, очень удачного решения можно добиться, используя характер рельефа для подчеркивания особенностей зонирования, по возможности сохраняя природные формы зем-

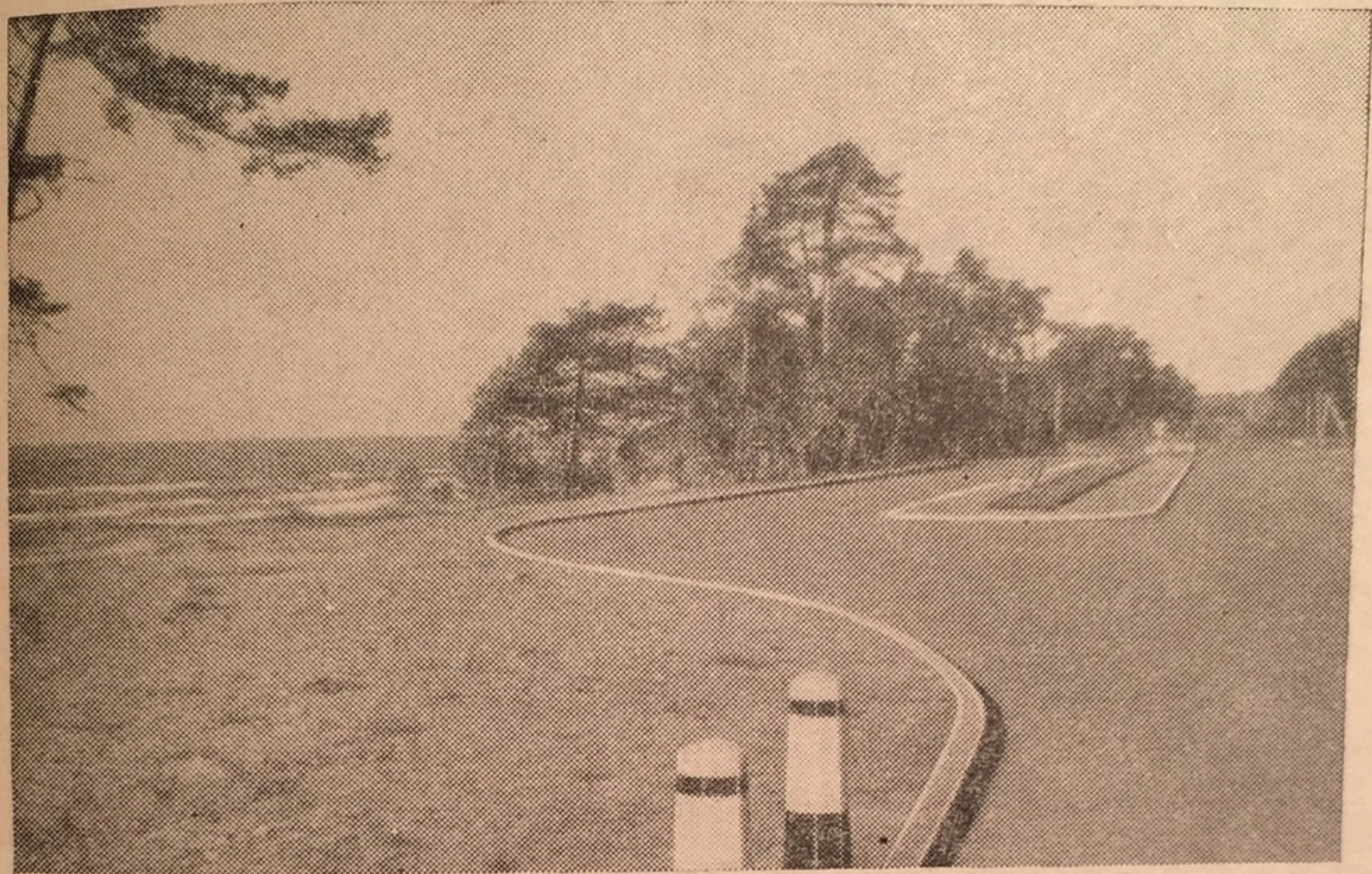


Рис. 68. Место отдыха у Рижского залива

ли. На ровной местности даже небольшое возвышение или понижение территории (на 15—30 см) в пространственном отношении хорошо организует по своему назначению разные зоны и подчеркивает главные пункты планировки. Большое внимание уделяется всем малым архитектурным формам — ступенькам, скамейкам, подпорным стенкам, покрытиям пешеходных дорожек, которые применяются в зоне отдыха.

Для этих элементов используют местные материалы, которые хорошо сочетаются с пейзажем. Для устройства подпорных стенок используют естественный камень; для покрытия дорожек и площадок применяют доломитные плитки, гальку или бетонные плитки с разнovidной отделкой поверхности.

Лучшим фоном для всех вышеупомянутых элементов считается прочный газон, по которому можно ходить, на который можно посадить и зелень, имеющуюся в природе или вновь созданную для нормальных условий отдыха, чтобы она обеспечивала тень и защиту от ветра. В зоне отдыха человек должен чувствовать себя по возможности более близким к природе.

Отделка стоянки машин должна свидетельствовать о том, что тут другой режим движения. Надо создать впечатление уюта и привлекательности — «въезжай и остановись». Для это-



го покрытие стоянки предусматривают другого цвета, отличающегося от цвета покрытия основной дороги, или из другого материала и отделяют от основной дороги зеленой полосой. Умело расположенные места отдыха на однообразных участках дорог служат акцентом на трассе, помогают пространственно организовать зону дороги и нередко открывают вид на красивый придорожный пейзаж.

На рис. 68 видно небольшое место отдыха со стояночной полосой и съездами, открыт вид на залив Рижского взморья, в качестве зоны отдыха доступен пляж.

Опыт показывает, что места отдыха целесообразно проектировать одновременно со всей дорогой. Проектирование их в каждом конкретном случае должно производиться в индивидуальном порядке с учетом особенностей ландшафта, красоты природы и требований, предъявляемых к благоустройству. Значение места отдыха главным образом заключается в том, что оно способствует безопасности автомобильного движения.

## § 16. ДОРОЖНЫЕ УСТРОЙСТВА

Дорожные знаки, сигнальные столбики, барьеры и маркирующие линии — вспомогательные средства, организующие движение на дороге. Чтобы водитель мог своевременно реагировать на создавшуюся ситуацию, необходима хорошая видимость и быстрое понимание всех дорожных устройств. Форму и размеры знаков определяют с учетом скорости движения на дороге. Размещение указателей разного вида и на одном и том же участке дороги создает впечатление пестроты и беспокойства и мешает концентрации внимания водителя.

Определенный порядок при установке дорожных знаков по отношению к поперечному профилю дороги, группировка их соответственно смыслу могут облегчить работу водителя, способствуя своевременной его ориентации. Все сигнальные знаки помещаются ближе к проезжей части дороги; на втором плане помещаются все указатели направлений и расстояний, а еще дальше — километровые указатели и другие устройства, которые непосредственно не касаются процесса движения. Расстояние между знаками по направлению езды сильно влияет на восприятие их содержания. Чтобы понять содержание знака и реагировать на него, необходимы примерно 2 сек. Поэтому расстояние между знаками увязывают со скоростями движения и устанавливают их так, чтобы они не заслоняли друг друга.

Элементы обустройства устанавливаются на дороге в большом количестве, поэтому их размещение и форма сильно влияют на весь архитектурный образ дороги. Принимаются во внимание не только размещение элементов обустройства, но и выбор их типа и взаимная согласованность. Главная составная часть указателя — это щит с надписью или символическим обо-

зна  
это  
без  
пис

Рис. 70

указатель н  
орошо вид  
роста, ра



значением. Опорный элемент (столбик, цоколь, консоль и т. д.) — это вспомогательный элемент, его форма должна быть проста, без лишних архитектурных украшений, подчинена щиту с надписью.



Рис. 69. Указатель на автомобильной дороге



Рис. 70. Сочетающиеся по форме дорожные указатели

Указатель на рис. 69 установлен в стороне от полотна дороги, хорошо виден и не мешает движению. Форма бетонной опоры проста, рациональна и соответствует динамическому характеру



теру транспортного сооружения. Конструкция щита из профильного железа и проволоочной сетки ажурна и не загрождает дорожное пространство.

Чтобы каждая дорога приобрела свой образ и единство стиля, предусматривают сочетающиеся по форме дорожные знаки и указатели. Это одно из основных требований при создании ансамбля дороги. Хорошим примером служит обустройство Московской кольцевой автомобильной дороги. Указатели (рис. 70), установленные на одной из автомобильных дорог в Латвийской ССР, обладают единством стиля.

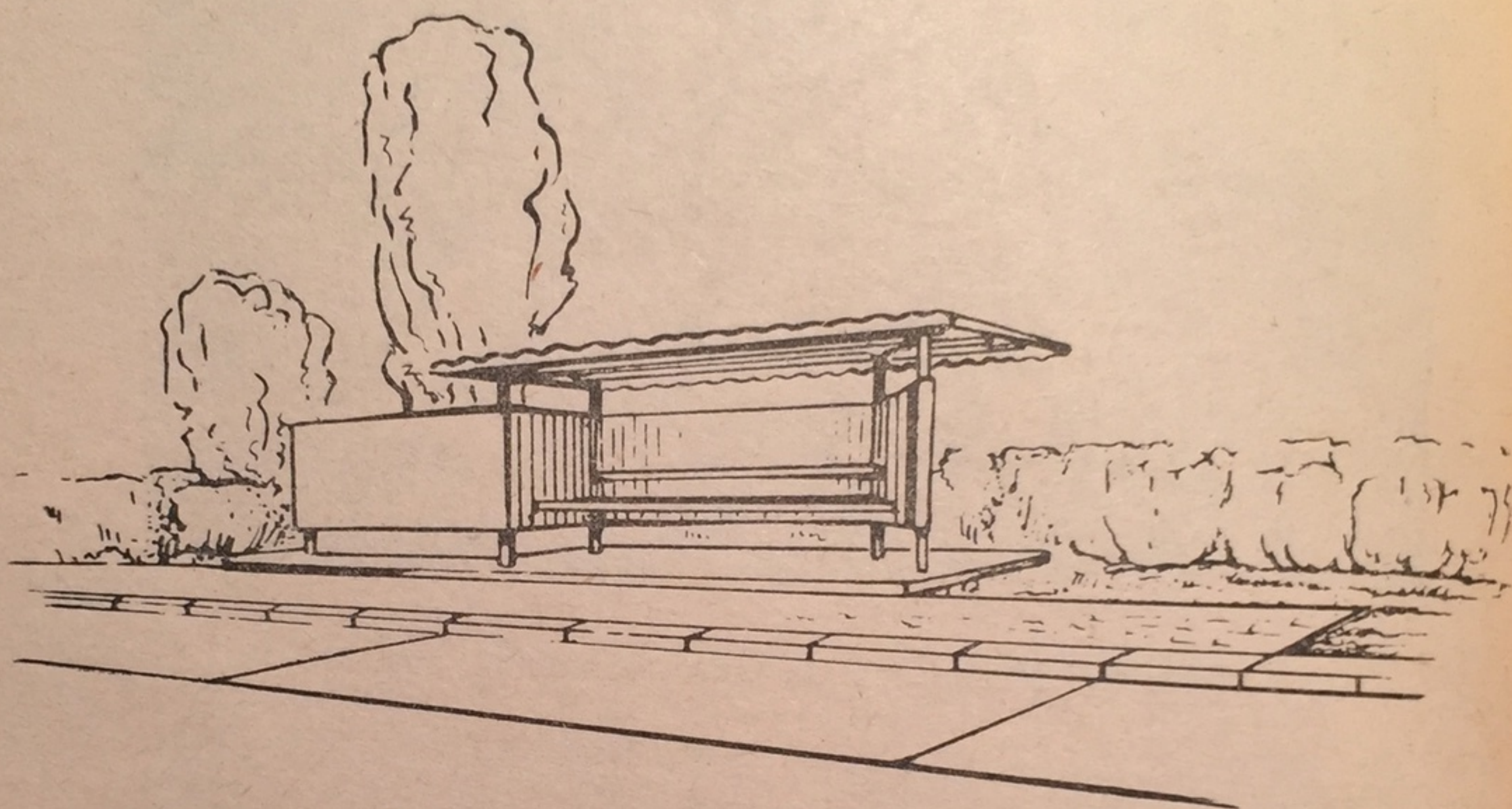


Рис. 71. Блокировка автопавильона со щитом

Надо отметить, что довольно часто на дорогах встречаются различные рекламы, которые не сочетаются с ансамблем дороги, отвлекают внимание водителя, заслоняют видимость и угрожают безопасности движения. Наглядную агитацию целесообразно помещать только там, где останавливаются средства транспорта, где проезжающий может спокойно прочесть написанное. Примером может служить блокировка щита лозунга или рекламы с навесом на автобусной остановке (рис. 71).

На подъездах к городам, а также у более сложных пересечений дорог устанавливают схемы маршрута. Содержание схем иногда бывает сложным и его нельзя прочесть с движущегося средства транспорта. Устройство перед маршрутной схемой дополнительной полосы для остановки автомобилей дает возможность водителю спокойно ознакомиться со схемой, а остановившийся автомобиль не будет препятствовать движению. Содержание схемы маршрута определяет размеры щита. Этим и оправдывается необходимость их индивидуального проектирования с привязкой к конкретному месту. Индивидуальному проектированию подлежат также знаки с названиями больших го-



родов и исторически примечательных мест, щиты с обозначениями границ республики.

Сигнальные столбики, барьеры и парапеты имеют значение не только как средства, организующие движение транспорта, но и как элементы, окаймляющие дорогу и образующие пространственное решение дороги.

На построенных участках дорог видно, что размещение ограничивающих элементов в строгом соответствии со СНиП II-Д.5-62 на местности слабоволнистого рельефа приводит к тому, что короткие участки с сигнальными столбиками череду-



Рис. 72. Ограждения в виде барьеров

ются с участками без ограничения, в результате чего дорога приобретает беспокойный вид. Подобным образом получается неприятный испещренный вид, если на одной обзореваемой зоне дороги друг за другом следуют разные ограничивающие устройства, как, например, барьеры, парапеты и сигнальные столбики. Целесообразно на таких участках применять ограничивающие устройства только одного вида и объединять в общий ритм сигнальные столбики, устанавливая их также на коротких промежуточных участках, где это не требуется по СНиПу. Барьеры приобретают ориентирующие свойства, если они установлены на более протяженном участке (рис. 72).

## § 17. ДОРОЖНЫЕ НАСАЖДЕНИЯ

Сочетание дороги с ландшафтом в основном осуществляется трассированием, но дорожные насаждения имеют большое значение как главное вспомогательное средство вписывания дороги



в ландшафт. Придорожные насаждения благоприятно влияют на психику водителя и тем повышают безопасность движения.

Неозелененная дорога удручает психику человека, водитель не чувствует масштаба окружающей природы и не в состоянии оценить протяженность лежащего впереди участка дороги. Целесообразно размещенные насаждения помогают воспринять элементы дороги в перспективе и способствуют правильному оптическому ориентированию водителей, повышают архитек-

турную выразительность дороги, окружающий ландшафт приобретает новое эстетическое качество — пространственное расчленение.

В настоящее время насаждения не рассматриваются как приставная декорация, а считаются полноправным компонентом дорог. Большое внимание уделяется рациональному проектированию дорожных насаждений, что позволяет сократить число происшествий на дороге, обогатить данный ландшафт и обеспечить биологическое равновесие в природе, обеспечить хорошие условия для деятельности и здоровья человека, экономить расходы по уходу за насаждениями и их устройству.

Так как в Латвийской ССР вновь построенные дороги не страдают от снежных заносов, то снегозащитные насаждения устраиваются редко и не имеют значения в общей композиции дорожных насаждений.

В практике проектирования насаждений на автомобильных дорогах в Латвийской ССР самой важной функциональной задачей считается использование насаждений с целью увеличения безопасности движения. Этой основной функции подчиняются все прочие цели и композиции насаждений.

Главной задачей насаждений для обеспечения безопасности движения, считается зрительная ориентация водителя за пределами фактической видимости поверхности проезжей части. С помощью насаждений подчеркивают направление трассы, повороты, подъемы и спуски.

Как видно из рис. 73, на внешней стороне кривой запроектированные древесные посадки облегчают ориентацию водителя. Водитель своевременно предупрежден о необходимости совершить маневр. На внутренней стороне кривой, чтобы не за-

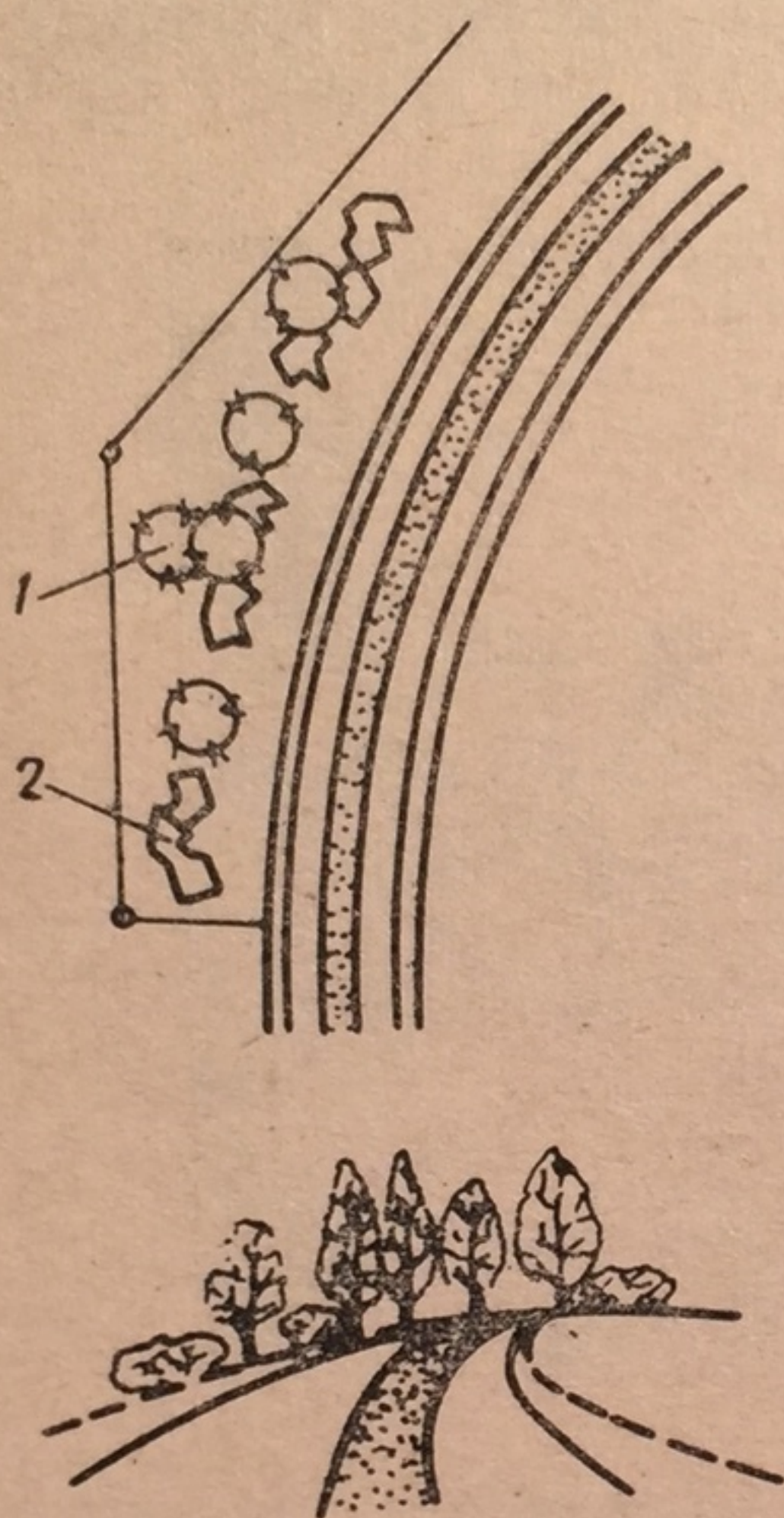


Рис. 73. Размещение групповых посадок на кривых:  
1 — деревья; 2 — группы кустарника



крыть видимость на дороге, предусматривают отдельные группы низкорослого кустарника. Подчеркивание элементов плана дороги насаждениями обеспечивает водителям пространственное восприятие дороги. Ориентирующие насаждения особенно важны на пересечениях дорог (см. рис. 56).

При проектировании насаждений на автомагистралях Латвийской ССР учитывается также их значение как средств, уменьшающих ослепление водителей светом фар встречных автомобилей. Поэтому на разделительной полосе предусматривают сводные группы кустов с расстоянием между ними 20—50 м, по возможности связывая их композицию с насаждениями на придорожной полосе таким образом, чтобы насаждения на разделительной полосе не казались самостоятельным решением, а органической составной частью общей системы озеленения (рис. 74).

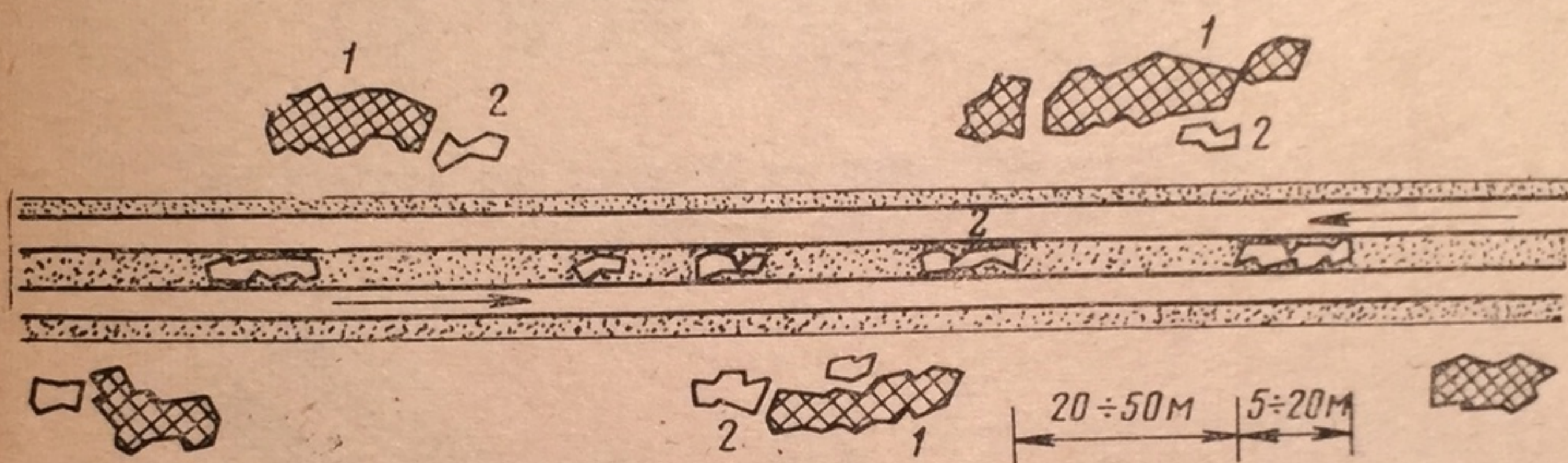


Рис. 74. Свободная композиция насаждений на разделительной полосе:  
1 — древесные группы; 2 — кустарник

При входе или выходе из леса, где воздействия резкого поперечного ветра сильно влияют на управление автомобилем, предусматриваются насаждения, предотвращающие эти помехи. Таким способом смягчается переход от леса к открытому пространству (рис. 75).

Для повышения безопасности движения служат также все насаждения, которые устраняют монотонность дороги. Поэтому в однообразном ландшафте проектируются живописные группы деревьев. Такой же цели служит разрежение опушки на однообразном участке дороги, пересекающей лес. Освобождая от поросли и валежника лесные опушки с целью выявить с декоративной точки зрения лучшие экземпляры деревьев, однообразное окаймление дороги превращается в фактор, способный возбудить интерес и благоприятно влиять на режим езды. В таких случаях требования безопасности движения совпадают с общими требованиями формирования придорожного ландшафта.

Задача формирования ландшафта — восстановить растительность, характерную для данной местности, но уничтожен-



ную при строительстве дороги. При строительстве мостов часто уничтожается растительность на берегах рек. В таких слу-

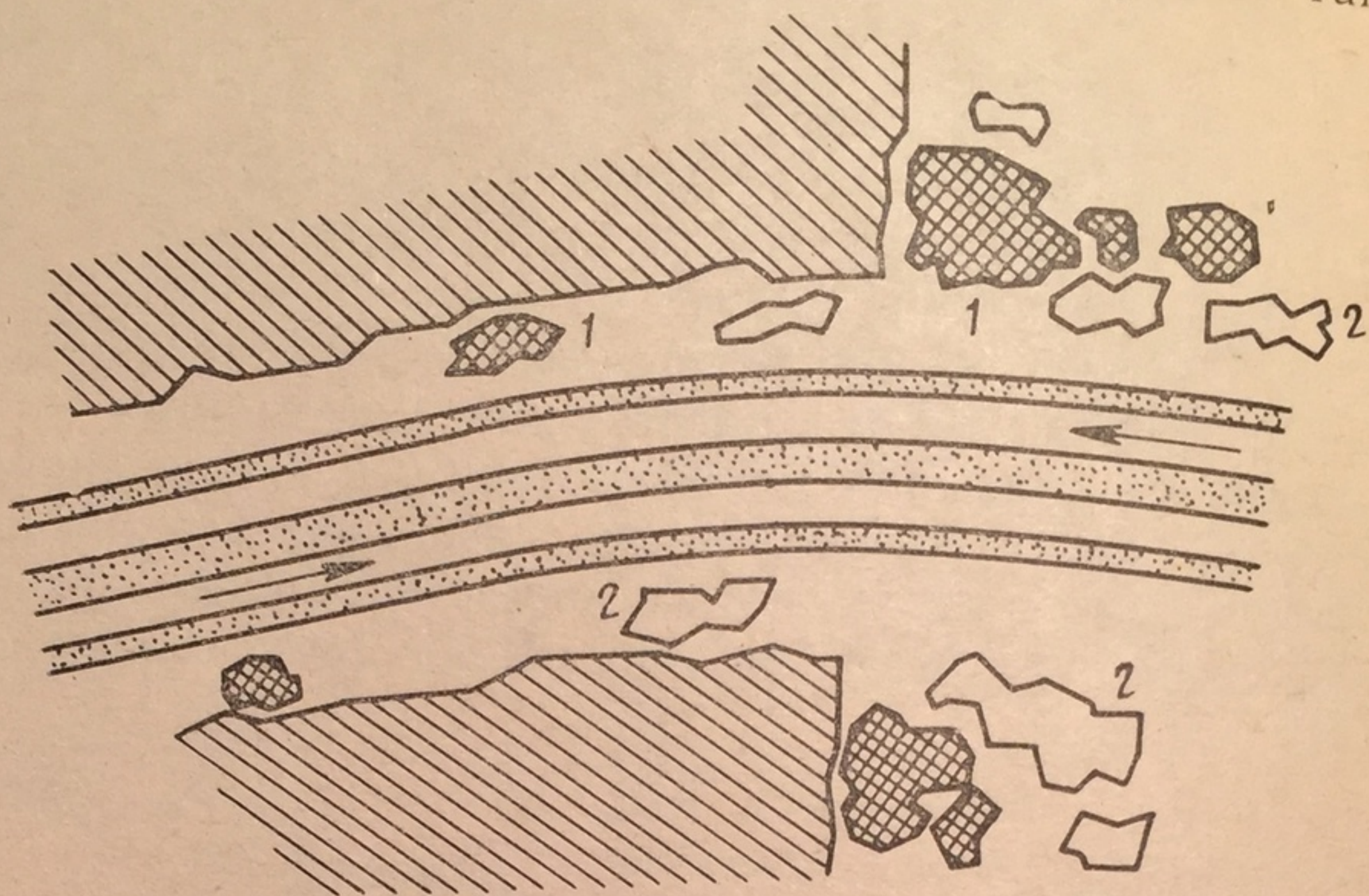


Рис. 75. Ветрозащищающие посадки при входе в лес:  
1 — древесные группы; 2 — кустарник

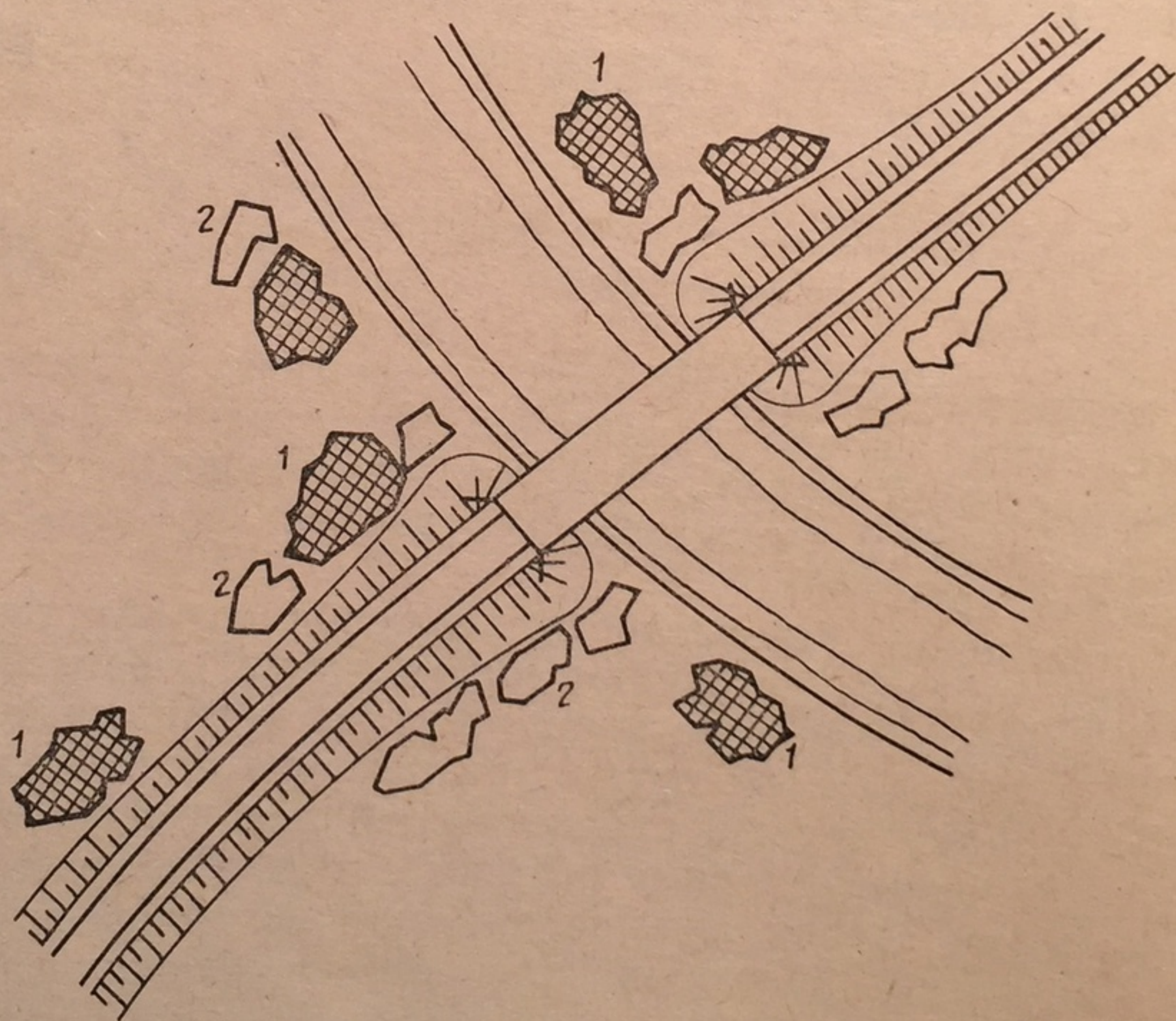


Рис. 76. Пример озеленения на подходах к мосту:  
1 — древесные группы; 2 — кустарник

чаях предусматривают новые насаждения для смягчения и прикрытия геометрических форм конусов земляного полотна (рис. 76).



Растительностью прикрываются неприятные виды, открывающиеся с дороги (карьеры, здания складов и т. д.). Кроме то-

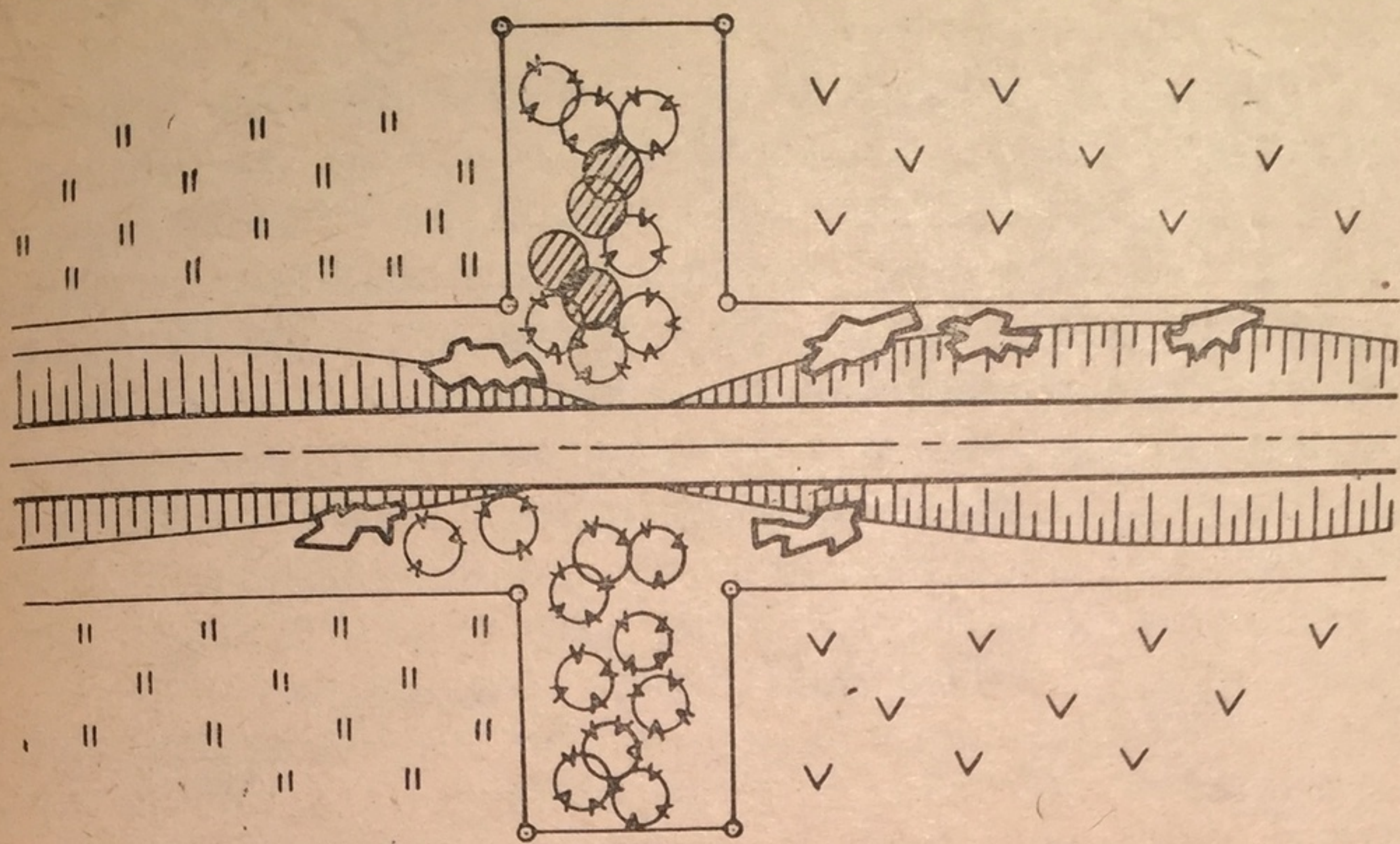


Рис. 77. Пример реконструкции существующего придорожного ландшафта

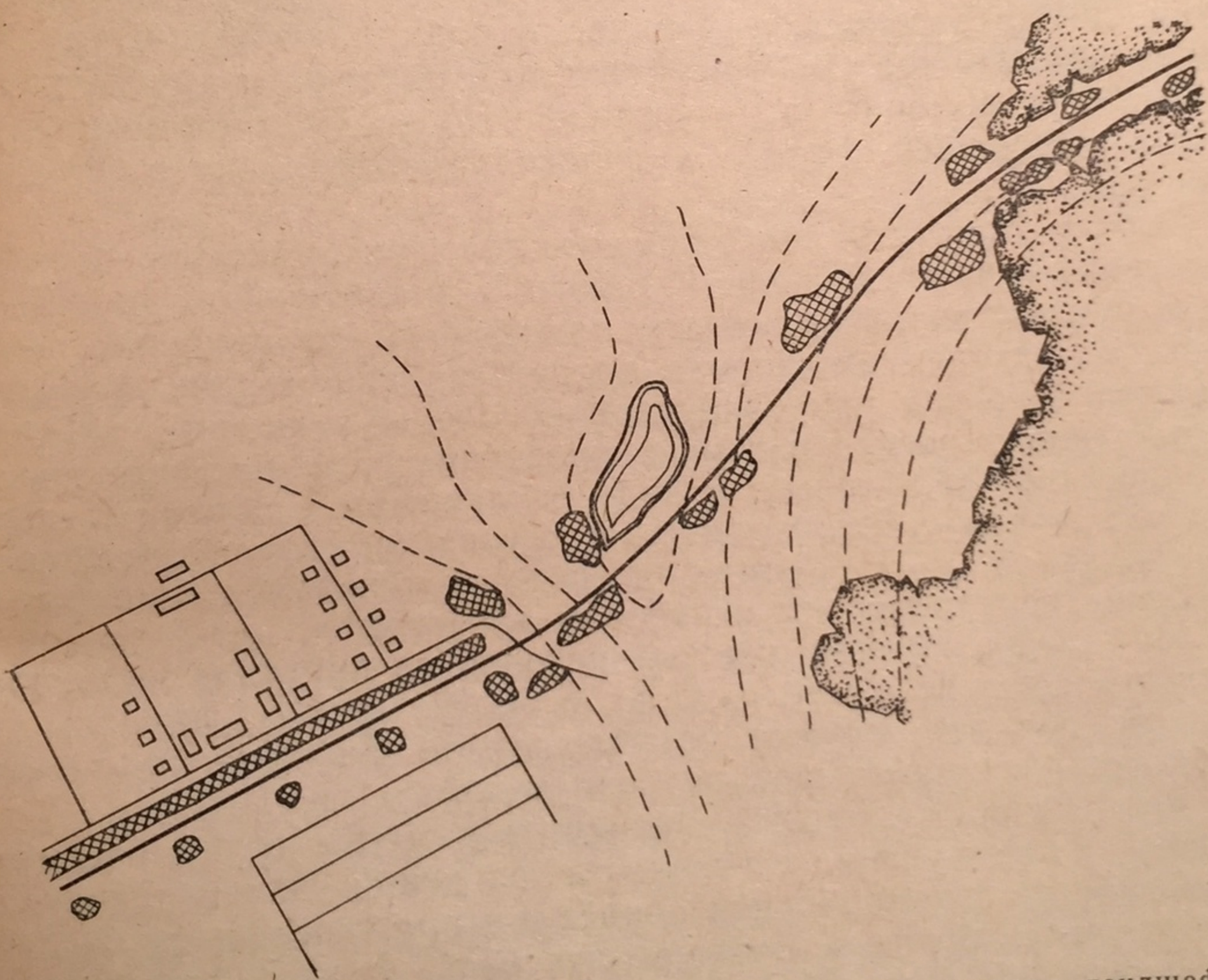


Рис. 78. Изменение композиции насаждений с учетом характера ландшафта  
го, все запроектированные придорожные насаждения используются как элементы, образующие архитектуру придорожной зоны, дополняющие существующие мотивы ландшафта и свя-



зывающие дорогу с окружающей природой. На рис. 77 видна группа деревьев, дополняющая существующую зелень и создающая новый мотив ландшафта — кулису, которая смягчает переход от выемки к насыпи.

Композицию насаждений решают исходя из характера и пространства данного ландшафта, скорости и интенсивности движения, геометрических параметров элементов дороги.

На рис. 78 показаны изменения композиции насаждений в результате изменения характера ландшафта. На открытом ровном месте сельскохозяйственного характера насаждения проектированы большими выразительными группами, на стороне жилого поселка совхоза предусмотрены защищающие посадки, в полуоткрытом пространстве со слабоволнистым рельефом подчеркнуты самые характерные, уже существующие элементы природы, в лесу произведена реконструкция опушки.

В однообразной ровной местности дорога рассматривается как доминанта ландшафта и дорожные насаждения проектируются в качестве нового самостоятельного элемента ландшафта. В холмистой живописной местности композиция насаждений подчиняется элементам природы.

Большинство дорог в Латвийской ССР имеют рядовые посадки, которые только механически подчиняются контуру земляного полотна без учета особенностей рельефа и других характерных черт природы, в результате чего получились некрасивые и даже уродливые формы, а дороги превратились в скучный коридор.

Можно отметить следующие недостатки рядовых посадок: пространственное сужение дороги и значительное ухудшение обзора окружающего ландшафта, ограничение видимости на внутренней стороне кривой, неравномерное, полосное освещение дороги при солнечной погоде, ухудшение условий просыхания дороги. Поэтому в последние годы рядовые посадки проектируются только в виде исключения в ровной местности на прямых участках трассы, при узкой придорожной полосе, на подходах к городам и населенным пунктам и в местах со строгим геометрическим строением ландшафта.

При использовании рядовых посадок их протяженность предусматривают не менее 1—2 км с обоснованным началом и концом, для чего служат природные ландшафтные элементы (как роща, группа деревьев, сооружения и др.).

Размещения групповых посадок и размеры групп рассматриваются как функции от скорости движения. Чем интенсивнее движение на автомобильной дороге и выше скорость движения, тем крупнее группы и больше интервалы между групповыми насаждениями (рис. 79).

Практика показывает, что группы насаждений, расположенные друг от друга ближе чем на 70—90 м, при большой скорости движения не воспринимаются как отдельные элементы ком-



позиции, а кажутся сплошным ограждением. Необходимость создания крупных, хорошо читающихся и четких членений объемных элементов требует в дендрологическом составе предусмотреть только две или три основные породы деревьев, соответствующим экологическим требованиям. Наилучшие условия восприятия групповых насаждений достигаются на расстоянии не менее двойной высоты деревьев. Но ширина полосы отвода не всегда этому благоприятствует. Узкая полоса отвода часто не дает возможности правильно разместить групповые насаждения. Поэтому в процессе проектирования приходится изыскивать возможности расположения посадок на землях других ведомств, оставляя эксплуатацию этих земель в руках владель-

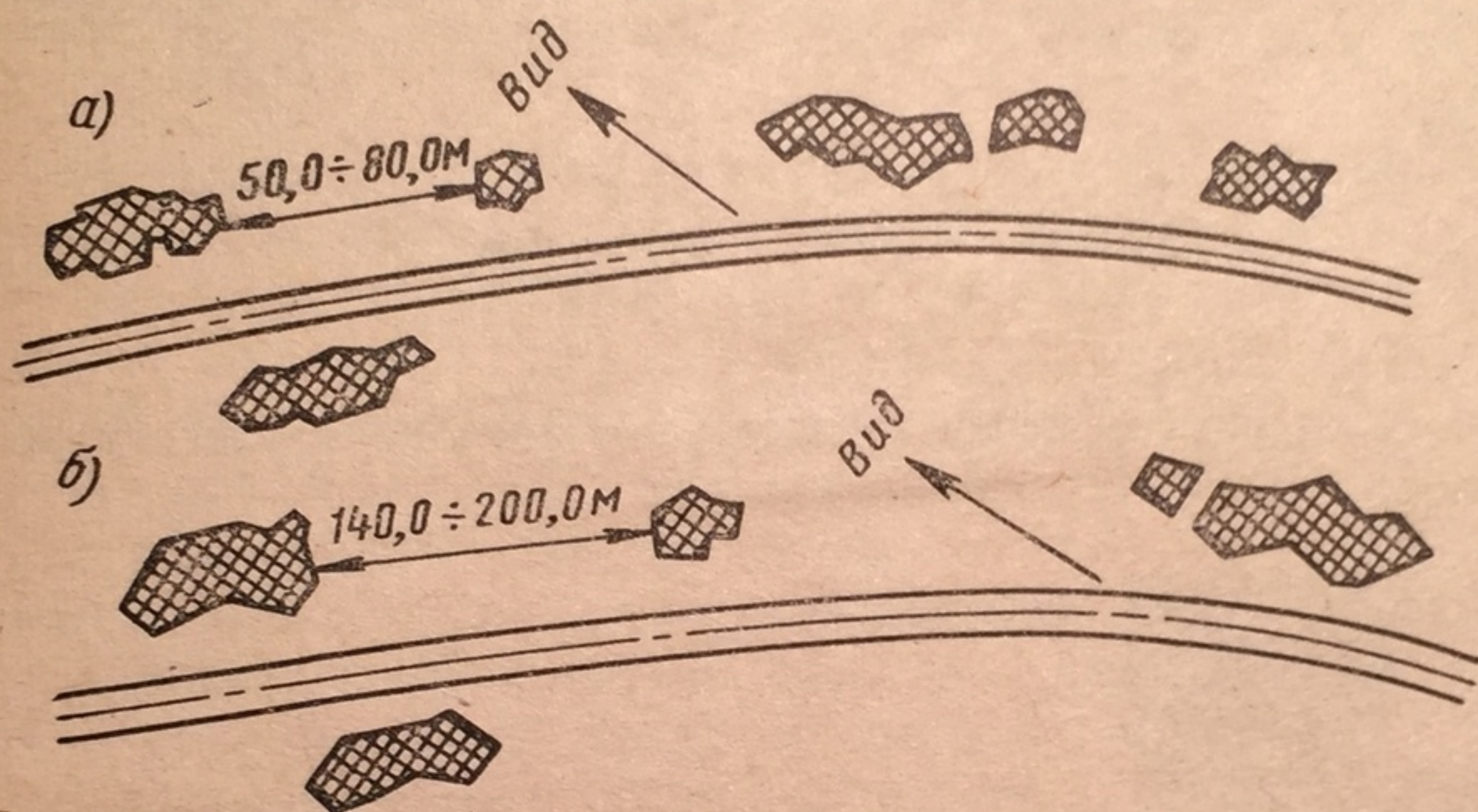


Рис. 79. Размещение групповых посадок с учетом скорости движения:

а — при 40 км/ч; б — при 100 км/ч

ца, или в отдельных случаях отчуждать земли специально для размещения на них необходимых посадок.

На участках дороги, расположенной в выемках и в насыпях, предусматривают только групповые посадки. В выемке дорога как бы направляется вглубь и изолируется от ландшафта. Располагая группы кустов и деревьев на верхней трети откоса выемки, пространство дороги приобретает связь с окружающим ландшафтом. Участки выемок с групповыми посадками на откосах нередко превращаются в подобие паркового ландшафта и создают приятное разнообразие в поездке, своеобразное, выразительное природное пространство. На участках дорог в насыпях для смягчения форм земляного полотна у подножия насыпи предусматривают посадки кустов и деревьев (рис. 80).

В практике проектирования стремятся располагать посадки не ближе 10 м от бровки проезжей части, рассматривая расстояния посадок 5 м от бровки проезжей части (рис. 81) минимальным размером в трудных условиях.

В проектном институте Латгипродортранс проектирование озеленения производится одновременно с проектированием



дорог. Работа начинается уже во время полевого обследования с ознакомления с местностью, анализом структуры ландшафта и определением границ природных пространств. Дальше наме-

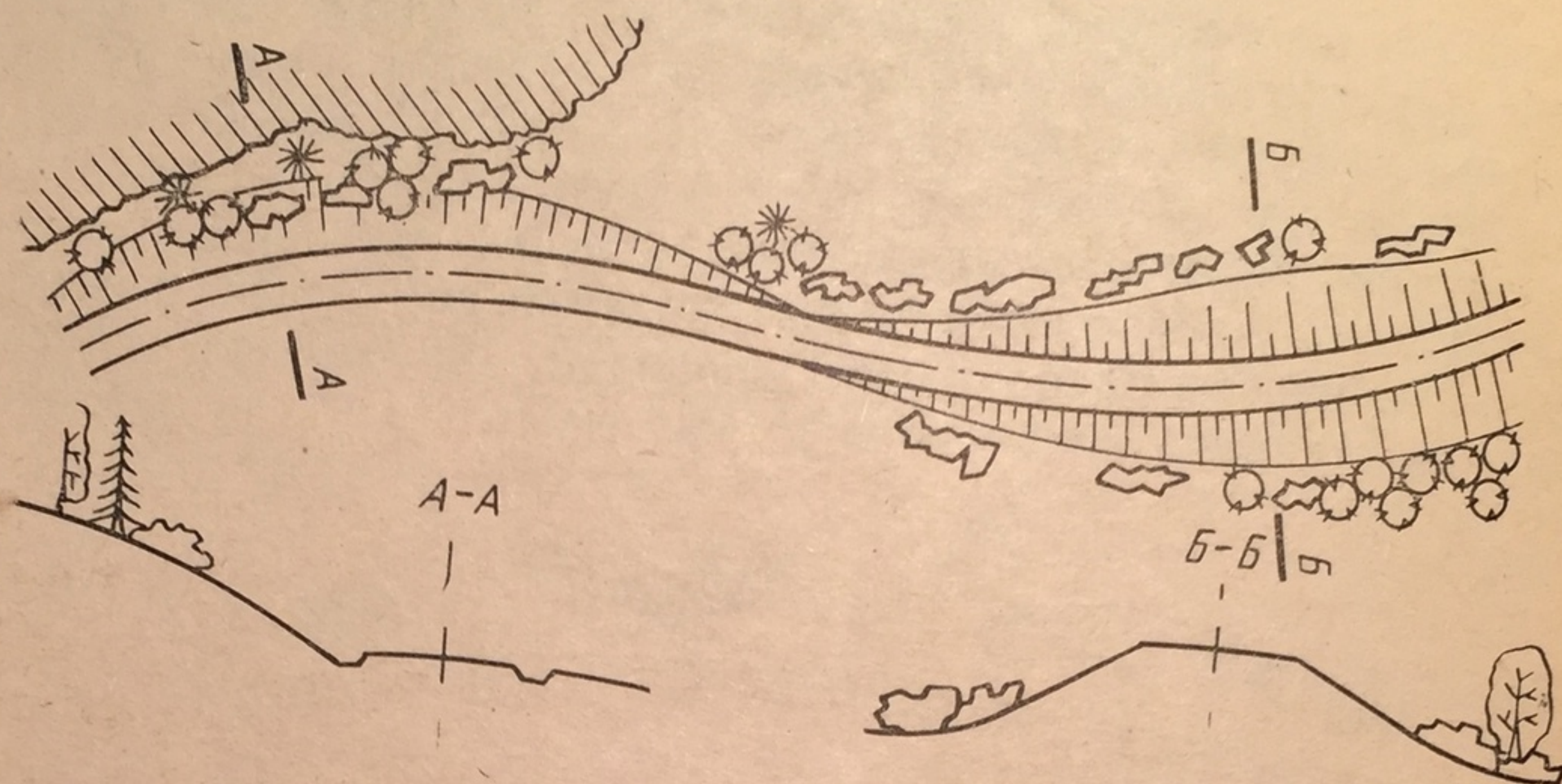


Рис. 80. Пример размещения групповых посадок на холмистом рельефе

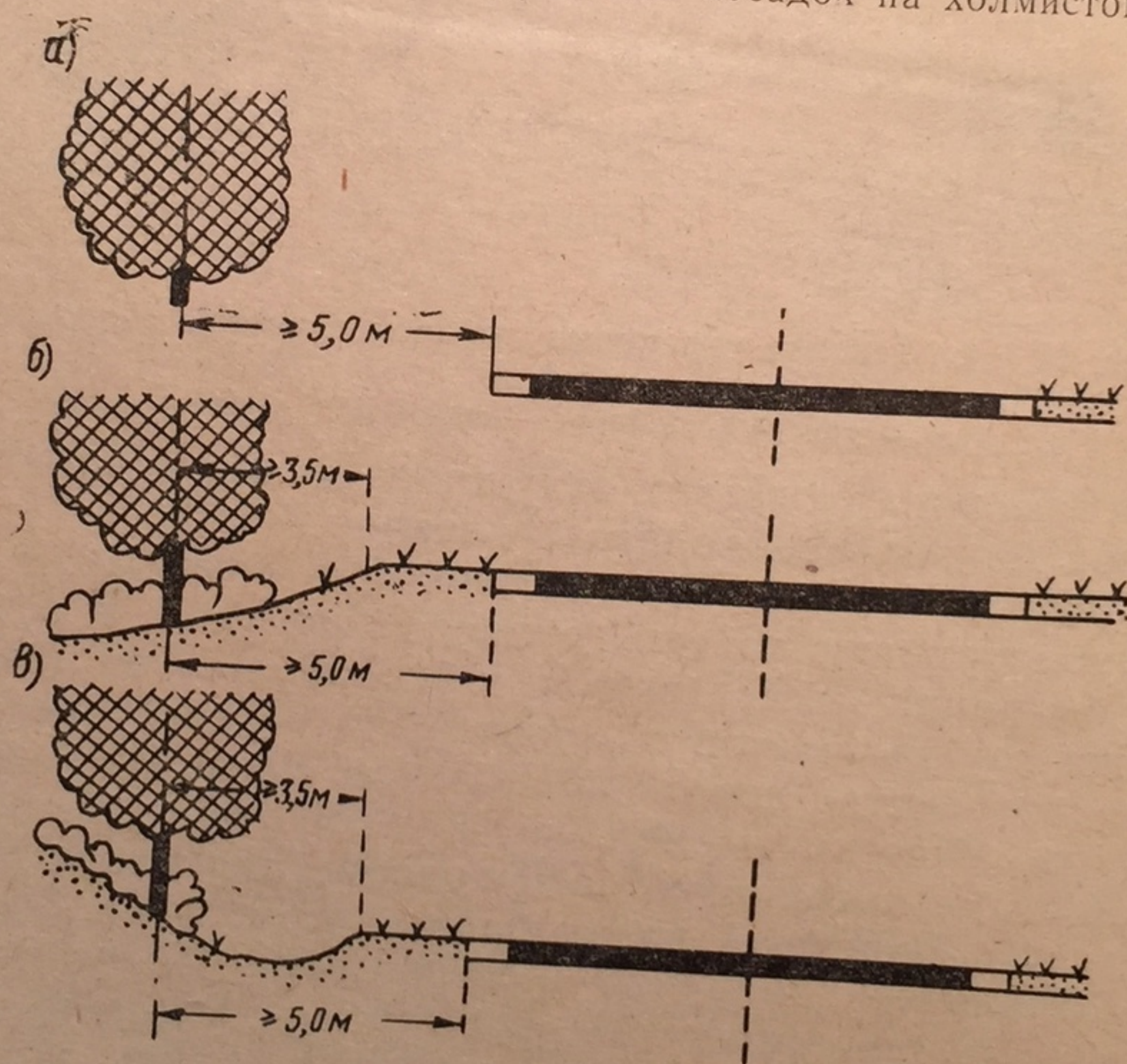


Рис. 81. Минимальные расстояния посадок от проезжей части дороги:  
а — в нулевом профиле; б — в насыпи; в — в выемке

чаются сохраняемые живописные уголки природы, группы деревьев, ориентиры которых используют для пространственной организации трассы. В периоде полевых изысканий выявляют



подземные и надземные линии коммуникаций, собирают характеристики зданий и сооружений в придорожной зоне; при наличии зеленых насаждений в придорожной полосе дается подробная характеристика существующих деревьев и кустарников, указываются их породы, диаметры стволов, месторасположение всей зелени и особенности почвы.

Большое значение имеют фотографии с натуры, которые производятся после трассирования уже с определенных мест будущей дороги, привязывая их к пикетажу трассы. Снимки потом монтируются в виде панорам, открывающихся с дороги и характеризующих данную местность. В результате обследования трассы составляется сводная ведомость существующих насаждений, список ликвидируемых и сохраняемых деревьев и кустов.

На этапе изысканий разрабатывают предварительные рекомендации по размещению необходимых функциональных насаждений согласно проектной линии будущей дороги; определяют впереди лежащие участки обозрения дороги и намечают желательный прием озеленения в этой зоне. Даются также рекомендации по размещению придорожных резервов, чтобы они не мешали размещению насаждений.

На этапах проектирования составляется опорный план, который содержит в себе главные данные, собранные в период изысканий, и на котором нанесена запроектированная дорога с местами расположения благоустройств, пересечениями и съездами.

Более выгодным можно считать опорный план в масштабе 1 : 5000 или 1 : 2000 с зоной 100—200 м ширины по обеим сторонам дороги.

На основе опорного плана и общей характеристики ландшафта дается принципиальное архитектурно-планировочное решение придорожных насаждений без деталей.

Потом вырабатывается детальный план отдельных, более сложных участков трассы в масштабе 1 : 1000, 1 : 500 или 1 : 200, всех узловых пунктов в зависимости от степени конкретной сложности. Характерные поперечные профили с запроектированными насаждениями и развертку насаждений (рис. 64) параллельно оси дороги дают в масштабе 1 : 200 или 1 : 100. Разработка проекта озеленения одновременно с проектом самой дороги имеет свои затруднения, заключающиеся в том, что не всегда можно предусмотреть вид, который получится после окончания строительных работ. Осуществляя проект, приходится в некоторой мере менять планировку насаждений отдельных участков.

Положительно то, что уже при трассировании дороги имеется возможность включить существующую зелень в общую систему озеленения дороги и определить ее функциональное значение.



План общего принципиального решения озеленения дорог в масштабе 1 : 5000 или 1 : 2000 имеет большое «профилактическое» значение в тех случаях, когда рабочее проектирование озеленения проводится только после дорожно-строительных работ. Такой план предупреждает ошибки, возможные во время строительства: уничтожение сохраняемых насаждений, устройство притрассовых карьеров на местах, недопустимых с точки зрения архитектурной организации придорожной зоны.

Создание зеленых насаждений всегда производится только при индивидуальном проектировании, так как природные условия отличаются разнообразием даже на небольшой территории. В систему насаждений максимально включают уже существующую ценную растительность.

Это дает значительный экономический эффект, так как сокращается объем работ по устройству насаждений, кроме того, уже подросшие деревья и кусты с эстетической точки зрения ценнее молодых саженцев, которые приобретают выразительность и начинают служить непосредственным функциональным целям, например ориентации, только около десяти лет спустя после посадки.

## Глава 5

# МЕТОДИКА ПРОСТРАНСТВЕННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

## § 18. МЕТОДИКА ИЗЫСКАТЕЛЬСКИХ И ПРОЕКТНЫХ РАБОТ

### Этап полевых изысканий

Увязка дороги с ландшафтом и ее пространственная плавность достигаются путем постепенных приближений, осуществляемых во время рекогносцировки, подробных технических изысканий и камерального проектирования.

Если расстояние между конечными точками трассы больше, то перед полевыми изысканиями по картам мелкого масштаба проводится трассирование вариантов направлений с учетом только основной ситуации местности и заданных контрольных точек. При полевом обследовании для выяснения технической возможности намеченных направлений внимание уделяется также возможностям удачного пространственного решения трассы, узловых точек, мостовых переходов, подключению населенных пунктов и мест отдыха. При сравнении вариантов направлений наряду с технико-экономическими показателями учитываются их ландшафтно-архитектурные достоинства и недостатки.

Увязка дороги с ландшафтом и ее пространственное построение в основных чертах достигается при полевом трассиро-



устанавливаются промежуточные контрольные точки  $C$  и  $D$  в плане;

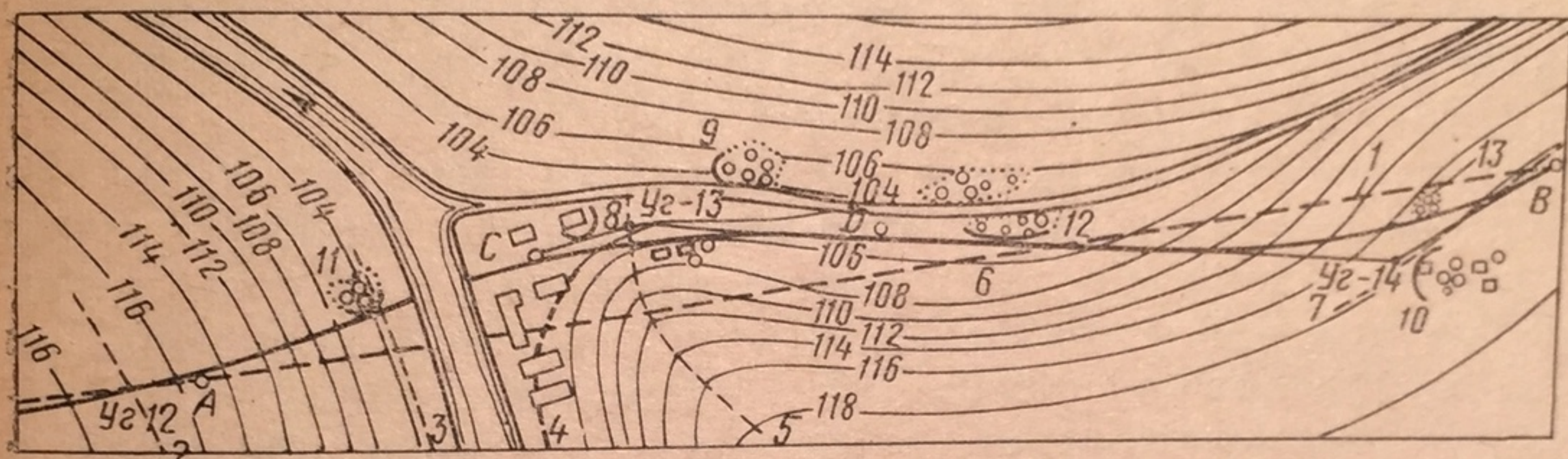


Рис. 82. Пример трассирования дороги в плане

на карте отмечаются основные линии переломов рельефа: водоразделы, подножия или бровки склонов и другие линии (с 2 по 7);

цветными карандашами обводятся ориентиры (с 8 по 10), подключаемые и сохраняемые элементы ландшафта — группы деревьев, холмы (с 11 по 13);

с учетом контрольных точек, ориентиров, основных форм рельефа и других элементов местности прикидывается расположение трассы в плане.

Последовательность наметки трассы рассматривается на рис. 82. Через контрольные точки *A* и *C* проводится прямая до пересечения с линией перелома 5. Чтобы обеспечить возможность сочетания кривых плана и профиля, Уг-13 принимается на точке пересечения линией *AC* и 5. Дальнейшее направление трассы в данном примере определяется контрольной точкой *D*. Направление участка принимается с учетом ориентира 10 и ро-  
щи 12. На точке пересечения направление *CD* с линией бровки склона 7 принимается Уг-14. Дальше направление принимает-  
ся вдоль бровки склона 7 через контрольную точку *B*. Используя лекала кривых, можно определить радиусы, при которых кривые удачно вписываются в местность.



Применяется также и другой способ, при котором трасса на карте проводится камерально с последующей ее проверкой и уточнением на местности по ходу подробного обследования.

При трассировании в плане особое внимание уделяется тому, чтобы в пределах зон обзора трасса была логичной и целеустремленной. Учитывается принцип проектирования трассы из минимального необходимого количества ее элементов — прямых и кривых [4]. Стремятся, чтобы изменения направлений были плавными и видными с достаточного расстояния.

В зависимости от категории местности к трассированию на картах подходят различно. На равнине трассирование обычно проводится прямыми линиями и углы поворота округляются кривыми больших радиусов. В пересеченной местности, где преобладают кривые участки, трасса в плане определяется при помощи лекал круговых и переходных кривых. Направление тангенсов и место наложения углов поворота определяются вторично для нужд закрепления трассы.

Если для трассирования доступны крупные карты, но без горизонталей, например аэрофотопланы, то основные линии переломов констатируют на местности, наносят на план и учитывают при трассировании в вышеизложенном порядке. При этом трассирование проводится с учетом предполагаемого положения проектной линии, длина кривых в плане принимается на первом приближении равной ожидаемой длине вертикальных кривых. Но этот способ не всегда дает желаемые результаты. После составления продольного профиля и проведения проектной линии нередко оказывается необходимым перетрассировать отдельные участки в целях согласования кривых плана и профиля.

В случаях, когда карты недоступны, придерживаясь к целеустремленному направлению, можно проложить магистральный теодолитный ход на всем протяжении или только на более трудных участках. При теодолитном ходе определяются высотные отметки, а также возможные ориентиры участков трассы, сохраняемые и подключаемые элементы ландшафта.

При обследовании выделяются особо трудные участки местности, на которых необходима тахеометрическая съемка. Основной целью обследования является подготовка целеустремленной и увязанной с ландшафтом трассы дороги. Если имеется убеждение в том, что увязка с ландшафтом достигнута, отпадает необходимость проверки увязки дороги при помощи перспектив.

До укладки на местность намеченную при подробном обследовании трассу уточняют камерально в целях достижения ее пространственной плавности. На полевом этапе проектирования основное внимание целесообразно привлечь к криволинейным участкам в плане. Поэтому для зон обзора, где размещены кривые в плане, по горизонталям карт или по данным теодо-



литного хода вычерчиваются продольные профили и определяется рациональное положение проектной линии и углов перелома. Между двумя господствующими буграми (возвышенностями) в профиле проектную линию стремятся провести в виде составной кривой вогнутого характера, по возможности избегая волнообразного или изломанного профиля.

Определенное при полевой рекогносцировке расположение кривых в плане корректируется в случаях несовпадения с рациональным положением вертикальных закруглений. Принимая точки зрения на границах восприятия криволинейных участков, проверяется их плавность. Для этого используются приведенные в гл. 2 таблицы. Если в таблицах соотношения не отражены, их проверяют при помощи перспектив. В необходимых случаях соотношения изменяют с тем, чтобы улучшить плавность участков.

При укладке трассы на местность вводятся необходимые уточнения в отношении ее ориентации в обоих направлениях и улучшается увязка с формами рельефа. После разбивки кривых часто можно получить хорошее представление о их плавности и увязке с ландшафтом.

Перед окончанием изыскательских работ, когда составлен продольный профиль и на него нанесены геологический разрез, схема прямых и кривых, при проходе (проезде) по трассе собираются следующие данные:

трассу дороги разделяют на зоны обозрения, исходя из высотных и плановых ограничений видимости;

с учетом схемы прямых и кривых стремятся наметить такое положение проектной линии, которое лучше обеспечило бы плавность трассы в пространстве;

одновременно оценивается практическая возможность сооружения дороги по намечаемой проектной линии с учетом всех влияющих факторов;

исходя из рабочих отметок, намечается желаемая форма земляного полотна, которая наилучшим образом увязалась бы с рельефом;

отмечаются точки зрения, из которых необходимо провести пространственную проверку трассы, и из этих точек производят фотографирование. Фотографируются также участки обозрения трассы из обоих их концов.

### Этап камерального проектирования

Во время полевого трассирования основное внимание уделяется достижению плавности криволинейных участков трассы. Этим достигается стабильный план трассы, в который по ходу камерального проектирования нет необходимости вносить изменения.



Обеспечение плавности прямолинейных участков в плане обычно достигается на камеральном этапе проектирования. После проведения проектной линии выполняют ее оптическую проверку. Если принятые вертикальные закругления оказываются недостаточно плавными, рассматривается возможность увеличения их радиусов.

В случаях, когда при полевом трассировании не удалось достичь положения кривых в плане, соответствующего рациональному положению вертикальных закруглений, окончательное их сочетание завершается на этапе камерального проектирования. В первую очередь стремятся согласовать вертикальные кривые с принятым положением кривых в плане. Для этого переломы проектной линии размещают по середине кривых в плане или приближают к ней. В этих случаях иногда целесообразно проведение проектной линии прямыми с последующим закруглением переломов. Опыт показал, что обычно имеется возможность для незначительных смещений вершин переломов проектной линии, что дает возможность устранить допущенные при изысканиях неточности в совмещении углов поворота. Длину вертикальных кривых «подгоняют» к принятой при трассировании длине кривых в плане. Если это нерационально (приводит к заметному понижению или излишнему повышению проектной линии), то камерально изменяют длину горизонтальных кривых, поскольку это обычно мало сказывается на объемах земляных работ. Речь идет только о незначительном изменении длины кривых в плане. Если кривая в плане намного длиннее вертикальной или перекрывает несколько вертикальных кривых, то улучшение плавности дороги обычно достигается одним из средств, рассмотренных в § 7.

Приступить к окончательному согласованию элементов плана и профиля целесообразно, когда установлено рациональное положение проектной линии. При сочетании элементов плана и профиля стремятся к уменьшению количества элементов трассы и к увеличению их размеров на величину, не менее 200—300 м.

Оптimum видимости и плавности дороги достигается при минимальном количестве вертикальных переломов. Но это сказывается на степени вписывания дороги в рельеф местности. По ходу проектирования необходимо найти компромис между этими требованиями.

Далее проверяется плавность закруглений с предельных границ их видимости. Если плавность закруглений по данным, приведенным на стр. 18, или в результате проверки при помощи перспектив оказывается недостаточной, радиусы кривых в плане и в профиле при возможности умножаются на один и тот же коэффициент.

После установления удачных соотношений между основными элементами трассы учитываются условия, обеспечивающие

постепен  
ных эле  
лись но  
Расс  
ности —  
зависи  
ности,  
кривые  
хороши  
ми про  
Как по  
линии  
ределя  
(прям  
вертик  
Дли  
ранств  
привле  
Пер  
транс  
аналог  
дороги

На  
происх  
проис

а такж  
перехо  
плане  
7—3328



постепенность переходов между ними. При сопряжении смежных элементов трассы также стремятся к тому, чтобы не создавались новые мелкие элементы трассы.

Рассмотренные выше методы подхода к обеспечению плавности — не единственные. Более удобный способ выбирается в зависимости от характера местности. Так, в пересеченной местности, где в профиле преобладают непрерывные сопряженные кривые, может оказаться целесообразным обеспечить сначала хорошие соотношения и плавность переходов между элементами профиля, а потом трассу в плане приспособить к профилю. Как показывает опыт, при больших углах перелома проектной линии длину пространственных элементов трассы обычно определяют элементы рационально проведенной проектной линии (прямые, кривые), поэтому следует стремиться к применению вертикальных кривых возможно больших радиусов.

Для решения вопросов организации придорожного пространства на всех стадиях проектирования в Латгипродортрансе привлекают архитектора.

Перспективные изображения вычерчиваются только для пространственно сложных участков трассы, когда отсутствуют аналогично изученные решения, а также для проверки увязки дороги с ландшафтом или для решения узловых точек.

#### Пример пространственного проектирования

На живописном участке автомобильной дороги (рис. 83) происходило много тяжелых аварий. Дорожно-транспортные происшествия здесь объясняются недостаточной видимостью,



Рис. 83. Участок дороги перед реконструкцией

а также чисто психологическими причинами в связи с резким переходом к трудному участку с малыми радиусами кривых в плане на затяжном спуске. Частая аварийность и низкие тех-



нические скорости автомобильного потока привели к необходимости реконструкции участка. В 1960 г. на этом участке были проведены подробные технические изыскания.

Своеобразная и живописная местность окраин города — излюбленное место туристов. В связи с этим перед проектировщиками участка выдвигались требования особо бережного отношения к ландшафту и обеспечению возможности его обозрения.

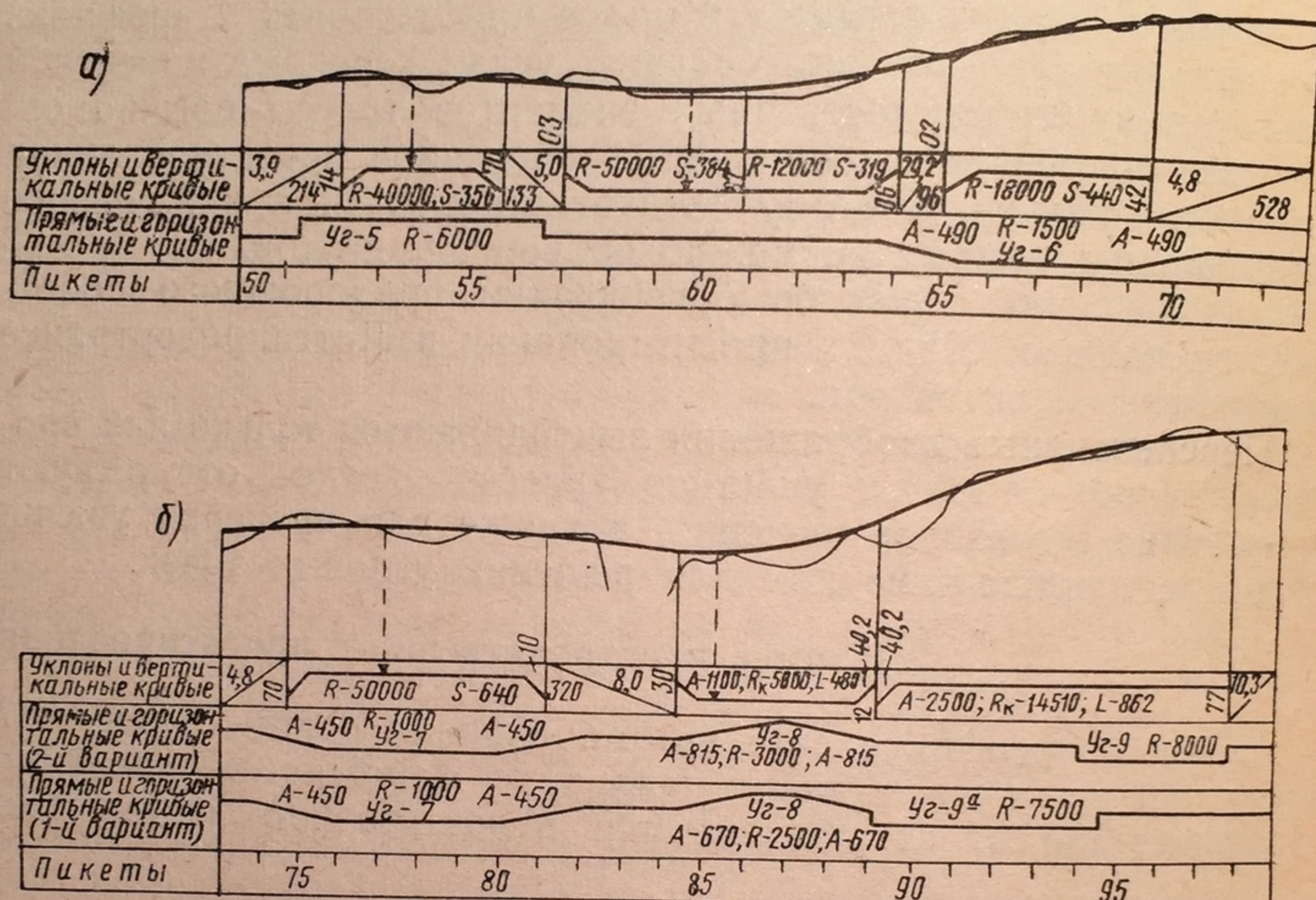


Рис. 84. Продольный профиль, запроектированный с учетом принципов пространственного проектирования:  
а — участок от пк 50 по 73; б — участок от пк 73 по 99

Самым трудным при трассировании оказался сильно пере-сеченный участок перехода через овраг, с которого начинались изыскательские работы. В сотрудничестве дорожников, мостовиков и архитектора были обсуждены местные особенности и принципиально возможные варианты перехода. Вариант пере-хода насыпь—выемки для преодоления оврага ввиду вышепри-веденных ландшафтных требований по предварительному ана-лизу оказался неприемлемым, поэтому остановились на ва-рианте перехода оврага эстакадой. Для обеспечения бокового обозрения эстакады было решено размещать ее на промежу-точной прямой между обратными кривыми в плане.

Для решения поставленных задач на этом участке во время изысканий проводилось вариантное проектирование, методика которого излагается ниже.



При рекогносцировке участка на топографическом плане в масштабе 1 : 2000 были отмечены элементы ландшафта — холмы, отдельные группы деревьев, которые предусматривалось сохранить и использовать для пространственной организации дороги, как акценты или ориентиры. На плане с учетом переломов рельефа и структуры ландшафта по целеустремленному направлению было нанесено несколько вариантов трассы. При укладывании вариантов углы поворотов в плане стремились

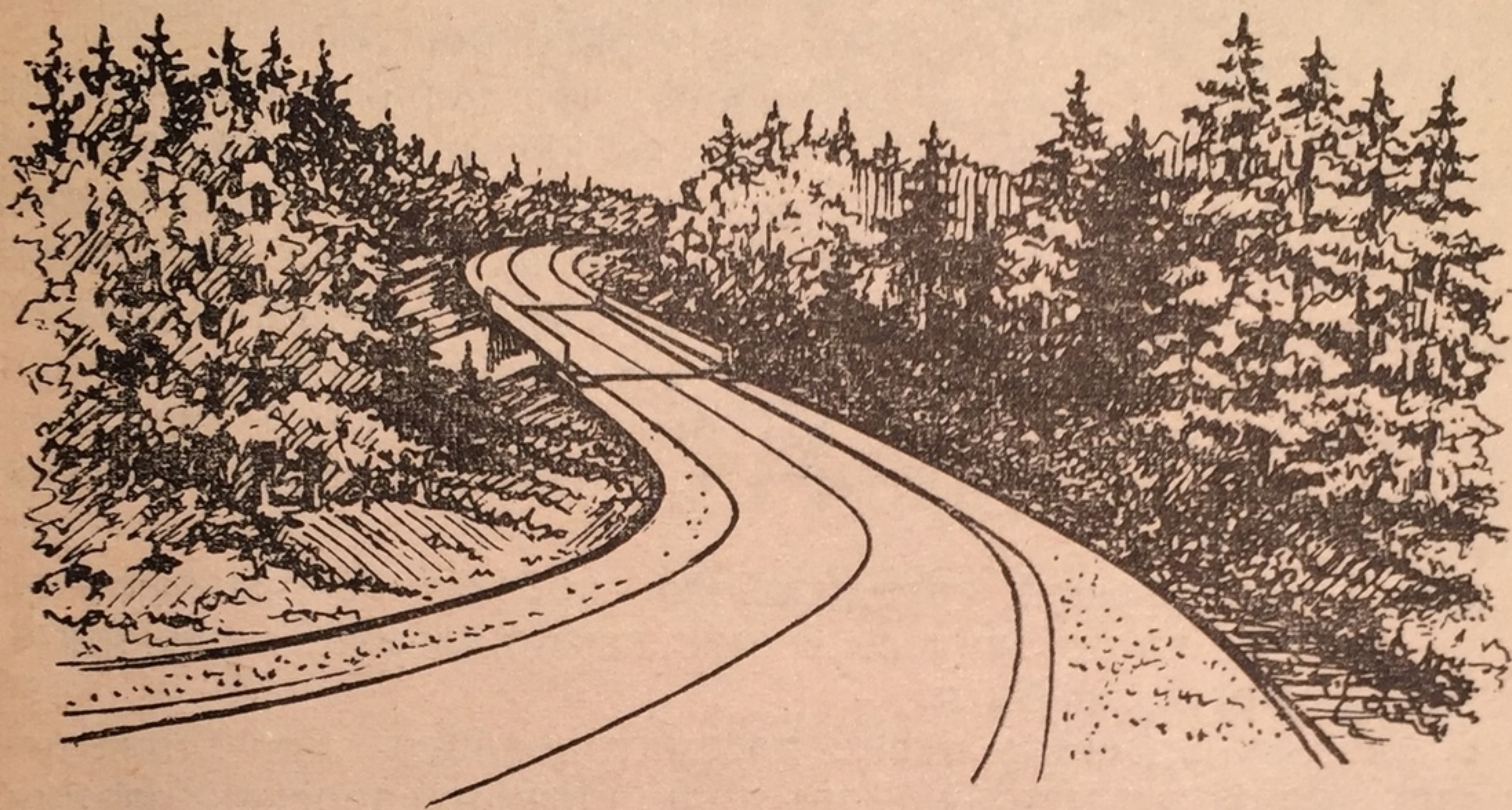


Рис. 85. Перспектива участка дороги в увязке с ландшафтом

совмещать с основными переломами рельефа, добиваясь оптимальной увязки с ландшафтом.

На вычерченном по горизонталям продольном профиле первого варианта проводилась проектная линия, определялись ее элементы и положение основных точек кривых (НК, СК, КК). В местах перелома проектной линии корректировали принятое расположение углов поворота в плане и согласовывали длины вертикальных и горизонтальных кривых (1 вариант на рис. 84, б).

В данном случае рациональная длина вертикальных кривых, найденная по продольному профилю, определяла длину горизонтальных кривых. Последние подгонялись к вертикальным кривым изменением радиусов или параметров кривых (вершины углов 6, 7, 8, 9 а). Переходные кривые в плане принимали за 80—100 м до начала вертикальных кривых, обеспечивая этим оптически ясный переход в последующую зону обзора дороги. В целях улучшения зрительной плавности в плане сопряжение прямых участков с круговыми кривыми радиусом менее 5000 м достигалось посредством клотоид параметром не менее  $A_p = 400$  м.

Намеченное положение земляного полотна критически проверяли на местности по увязке его с рельефом в продольном и



поперечном направлениях. Одновременно по плану и профилю с учетом боковых ограничений видимости определяли пределы обозрения отдельных участков дороги, отмечали границы характерных ландшафтных пространств (лесная просека, речная долина и др.) и точки зрения для последующей проверки пространственной плавности дороги.

В первую очередь из точек зрения, принятых на границах зон обозрения, при помощи перспективных изображений проверяли целеустремленность и плавность участка в совокупности с ландшафтом, т. е. общее архитектурное решение.

В результате проверки оказалось, что первый вариант перехода на участке ПК 87—91 зрительно неудачен из-за чрезмерной извилистости. Появилась необходимость в перемещении угла поворота 9а с целью придания трассе более спокойного вида и целеустремленности. После пространственной проверки второго варианта, который удовлетворял техническим и архитектурным требованиям (рис. 85), были произведены укладка и закрепление трассы на местности, проведены подробные технические изыскания.

Для лучшей увязки продольного профиля с рельефом на одном участке потребовалось ввести вертикальную переходную кривую длиной  $L_v = 862$  м.

Поскольку проектирование рассматривалось как опытное в целях выработки методики пространственного проектирования, то оптимального сочетания элементов плана и профиля добивались с особой точностью.

На участке, показанном на рис. 84, а, определение длин вертикальных кривых производилось по продольному профилю существующей дороги, снятому именно для этих целей. При ходе по целине было достигнуто точное сочетание почти всех углов поворота в плане с вертикальными переломами (углы 1, 5, 6, 7, 8). На используемых участках существующей дороги при задании использовать дорожную одежду создавалась необходимость оставить некоторые участки неудачного сочетания элементов плана и профиля.

Так как сочетание обеих проекций было достигнуто разными средствами на этапе изысканий, то проверка отдельных сочетаний при проектировании продольного профиля в некоторых местах открывала небольшие недостатки, которые легко устранялись изменением радиусов вертикальных кривых или параметров переходных кривых в плане.

Первоначальные проектные решения в случаях необходимости улучшали на основе зрительно исправленного перспективного изображения.

В среднем на проверку плавности 10 км дороги требовалось 10—15 перспективных изображений. Подсчет координат и вычерчивание перспективы участка трассы с 20 точками занимает примерно 2—3 ч.



## § 19. МЕТОДЫ ОПТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ

Оптический анализ может быть проведен проверкой рациональности элементов трассы, плавности сопряжений и оптимальных соотношений по соответствию с рекомендациями и табличными данными, приведенными в гл. 2, или при помощи перспективных изображений. Рациональность сочетаний элементов плана и профиля может быть проверена при использовании метода фронтальной проекции оси дороги.

Наиболее рациональным и удобным методом проверки плавности дороги является первый метод, т. е. проверка соответствия принятых проектных решений рекомендациям, приведенным в гл. 2. В качестве примера проведем анализ продольного профиля (см. рис. 84). Сначала проанализируем рациональность сочетаний элементов трассы.

Кривая в плане, запроектированная на угле 5, перекрывает вертикальную выпуклую кривую. Увеличение радиуса вертикальной кривой в данном случае ограничивалось высотой контрольной точки, определенной съездом на пк 53,2. Несогласованность размеров в случае сочетания вертикальной выпуклой кривой и кривой в плане допустима, так как не создает заметных оптических деформаций.

Закругление на угле 6 начинается с переходной кривой параметром  $A=490$  м. Переходная кривая симметрично на 127 м в обоих концах перекрывает вертикальную выпуклую кривую. Согласно данным на стр. 37 при  $A=500$  м смещение  $\delta=70$  м; с учетом поправки на вираж  $\delta=90$  м  $< 127$  м. Поскольку переходная кривая перекрывает выпуклую вертикальную кривую, увеличенный сдвиг начал допустим.

Переходная кривая на угле 7 параметром  $A=450$  м перекрывает вертикальную кривую на 87 м. По данным (см. стр. 37) смещение  $\delta=65+20=85$  м (перекрытие оптимально).

Поскольку начала переходных кривых в плане и профиле, расположенных на угле 8, совпадают, сочетание рационально.

Кривая, запроектированная на угле 9, только в одном конце совмещена с концом вертикальной выпуклой клотоиды. Недостаток при езде по ходу трассирования тот, что начало горизонтальной кривой скрывается за выпуклостью профиля. В связи с преодолением подъема скорость практически не может быть превышена, поэтому требования оптической ориентации водителя могут быть смягчены.

Приходим к заключению, что все рассмотренные сочетания кривых плана и профиля при данных условиях оптически ясные и могут быть допущены.

Дальше проследим постепенность переходов между смежными элементами трассы. Сопряжение плоской вогнутой кривой, запроектированной на участке от пк 57 до пк 64, с предшествующей выпуклой кривой было бы вполне совершенным,



если конец последней совпадал с началом плоской вогнутой кривой. Это требовало бы увеличения радиуса вертикальной вогнутой кривой или радиуса кривой в плане на вершине 5, что в данном примере ограничивалось расположением существующих линий связи.

Круговые кривые, запроектированные на углах поворота 6 и 7, сопряжены с прямой на участке от ПК 70,7 до ПК 73,8 посредством клотоид с параметрами 490 и 450 м. Согласно данным, приведенным на стр. 21, при расстоянии восприятия 175 м ( $V_{расч} = 120$  км/ч) плавность сопряжений достаточна. Также достаточно постепенным из расстояния видимости 175 м является переход прямой, расположенной на участке от ПК 82 до 84,4 к клотоиде ( $A=815$  м) на вершине угла 8. Сопряжение обратных вертикальных клотоид на ПК 89,1 плавное.

В последнюю очередь в качестве примера проверены соотношения прямых и круговых кривых на участке обозрения от ПК 68 до ПК 78. Кривая на угле 7 имеет общую длину 817 м, длину переходных кривых  $L=200$  м, длину основной круговой кривой  $S_0=617$  м. НК<sub>7</sub> находится на ПК 74,8. Пределом восприятия  $K_7$  можно принимать линию на ПК 67,7, которая находится на 170 м перед КВК<sub>6</sub> (см. данные на стр. 17 при  $R=1800$  м). Из расстояния восприятия начала кривой  $D_s = 710$  м, ее длина  $S_0=617$  м недостаточна. Поэтому следовало бы увеличить параметры вертикальной и плановой кривой, но это было ограничено ситуационными препятствиями. Основываясь на данные, приведенные на стр. 20, можно ожидать, что водители, едущие со скоростью  $V=120$  км/ч, перед кривой  $K_7$  не будут снижать скорость, поскольку из  $1,5 D_{п.д.}$ , равного 260 м, длина кривой достаточна и будет восприниматься плавной.

Анализ проектных решений по соответствию с условиями, обеспечивающими плавность дороги, во многом сокращает необходимость вычерчивания перспектив. Но следует отметить, что в настоящее время еще недостаточно уяснены условия, обеспечивающие плавное сопряжение, а также оптимальные соотношения элементов трассы.

В связи с этим в определенных случаях остается необходимость применения перспектив для оптического анализа. Анализ при помощи перспектив целесообразно провести в следующих случаях:

- вогнутые участки, где не обеспечено сочетание кривых плана и профиля;
- далеко обозримые участки со сложным планом и профилем;
- участки с волнообразным профилем в пределах кривых или на прямых, следующих за кривыми в плане;
- участки сложного сочетания смежных элементов трассы;
- кривые из предельных границ их видимости;
- узлы и расширенные участки дороги (пересечения, остановки автобусов).



Поскольку ограничения обзора в отдельных случаях закрывают неплавные участки, при анализе сложных участков важно в перспективы вносить препятствия, ограничивающие видимость (откосы выемок, лес, здания).

В целом трасса может характеризоваться показателем постоянства плавности

$$k_{\pi} = \frac{\sum_{i=1}^n l_{\text{пр},i} + \sum_{j=1}^m l_{\text{обр},j}}{2L}, \quad (33)$$

где  $l_{\text{пр},i}$ ,  $l_{\text{обр},j}$  — участки дороги в прямом и обратном направлениях движения, проезжая по которым впереди расположенная дорога воспринимается пространственно плавной, км. (Определяется на основе оптического анализа);

$L$  — длина оцениваемого участка дороги, км.

Показатель постоянства плавности дороги может быть учтен при сравнении вариантов и оценке транспортно-эксплуатационных качеств дороги.

## § 20. ПОСТРОЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДОРОГИ

Если проектирующие лучи проходят из одного относительно близко находящегося центра, то на плоскости изображения получается перспективное изображение. Луч, который к плоскости изображения направлен перпендикулярно, называется главным лучом зрения. Горизонтальная плоскость на высоте точки зрения называется горизонтом.

Для изображения линейных объектов большой протяженности обычные методы конструирования перспектив оказываются неприемлемыми. Наиболее удобным в практике проектирования дорог оказался метод координат. Суть метода заключается в следующем. Принимается система координат, положение которой в пространстве определяется выбранной точкой зрения (начало координат) и направлением главного луча зрения (ось X). Определенные в этой системе координаты точек трассы пересчитываются в перспективные координаты на плоскости изображения. Зависимость между действительными и перспективными величинами показана на рис. 86.

Для удобства расчета расстояние плоскости изображений  $a$  от точки зрения принимается 1 м. Исходя из подобия прямоугольных треугольников, можно написать пропорции:

$$\frac{1}{x} = \frac{y_{\pi}}{y} = \frac{z_{\pi}}{z} = \frac{B_{\pi}}{B}, \quad (34)$$

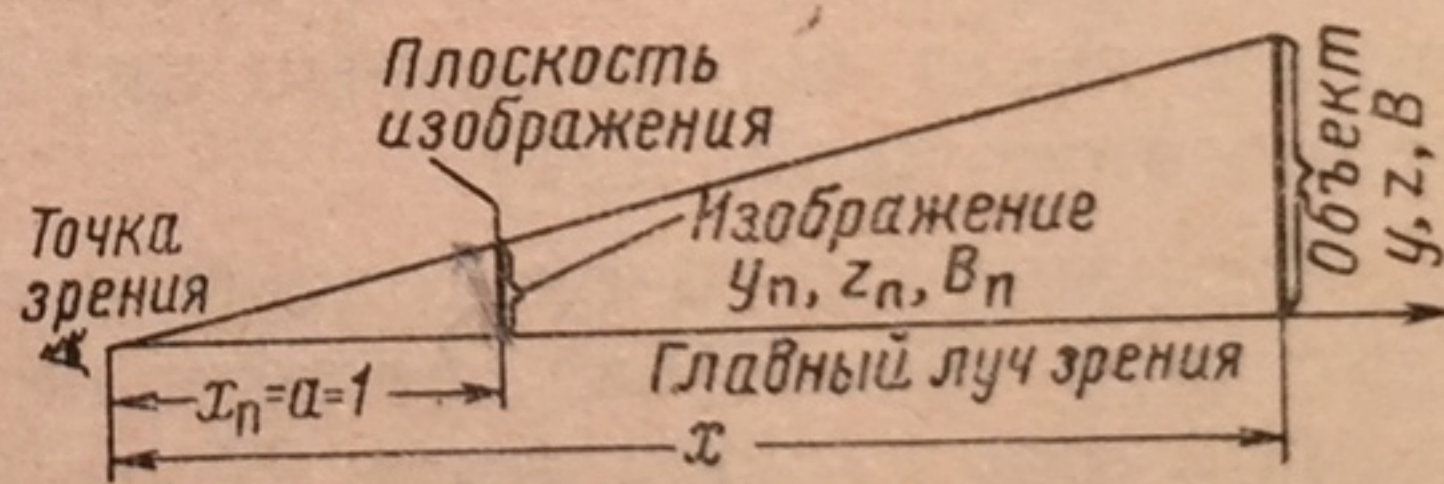


Рис. 86. Схема центрального проектирования координат трассы на плоскость изображения



где  $x, y, z$  — координаты точек трассы, м;

$B$  — ширина дорожного полотна, м;

$y_n, z_n$  — координаты точек трассы на плоскость изображений (перспективные координаты), м;

$B_n$  — ширина дорожного полотна в перспективе, м.

Из приведенных пропорций определяется зависимость между действительными и перспективными координатами точек трассы

$$y_n = \frac{1}{x} y; \quad z_n = \frac{1}{x} z; \quad B_n = \frac{1}{x} B. \quad (35)$$

Перспективы в основном строятся из характерных точек траектории движения глаза водителя автомобиля и иногда из характерных точек зрения вне дороги, например из населенного пункта, из видовой площадки, из путепровода и т. д.

При построении перспективы, соответствующей положению наблюдателя за рулем, следует учесть следующие предпосылки: точка зрения принимается в 1,5 м вправо от оси дороги и 1,5 м над дорогой; если перспектива строится на плоскую картину, изображаемый сектор должен находиться в пределах до  $30^\circ$ , что соответствует естественному углу зрения. Главный луч зрения принимается примерно по биссектрисе изображаемого сектора.

Выбор точки зрения зависит от цели проверки. Для оценки общего архитектурного вида дороги точка зрения принимается вблизи предельных границ обозрения. Для проверки детальных решений (отгонов виража, разметок на пересечениях, дополнительных полос) точка зрения принимается в возможной близости к оцениваемому участку. На более сложных участках целесообразно провести подробный оптический анализ из точек зрения через определенные интервалы (50—200 м в обоих направлениях движения).

Координаты точек трассы в плане можно определить с достаточной точностью графически по плану трассы в масштабе 1 : 1000 или 1 : 2000 (рис. 87, а). При графическом определении координат необходима большая точность. Для отсчетов рекомендуется применять тонкогранную линейку и лупу. Графический материал должен быть четким.

Для графического определения величин  $z$  на продольном профиле наносится горизонт (рис. 87, б). Если проектные отметки перед проверкой подсчитаны, то  $z$  определяется как разница между отметкой горизонта и проектными отметками.

Отметка горизонта определяется по формуле

$$H_r = H_{т.с} + h_{г\lambda} \quad (36)$$

и округляется с точностью 0,10 м. Высота точки зрения  $h_{г\lambda}$  обычно принимается 1,50 м.



В зависимости от отдаленности изображаемых участков от ТЗ приведенные ниже расстояния между точками трассы оказались достаточными:

Отдаленность участка от ТЗ, м	60—200	200—400	400—800	Более 800
Расстояние между точками, м	20—25	40—50	100	200

Дополнительно координаты подсчитываются для начал и концов кривых в плане и профиле и для точек касания лучей зрения к кривым в плане и выпуклым кривым в профиле.

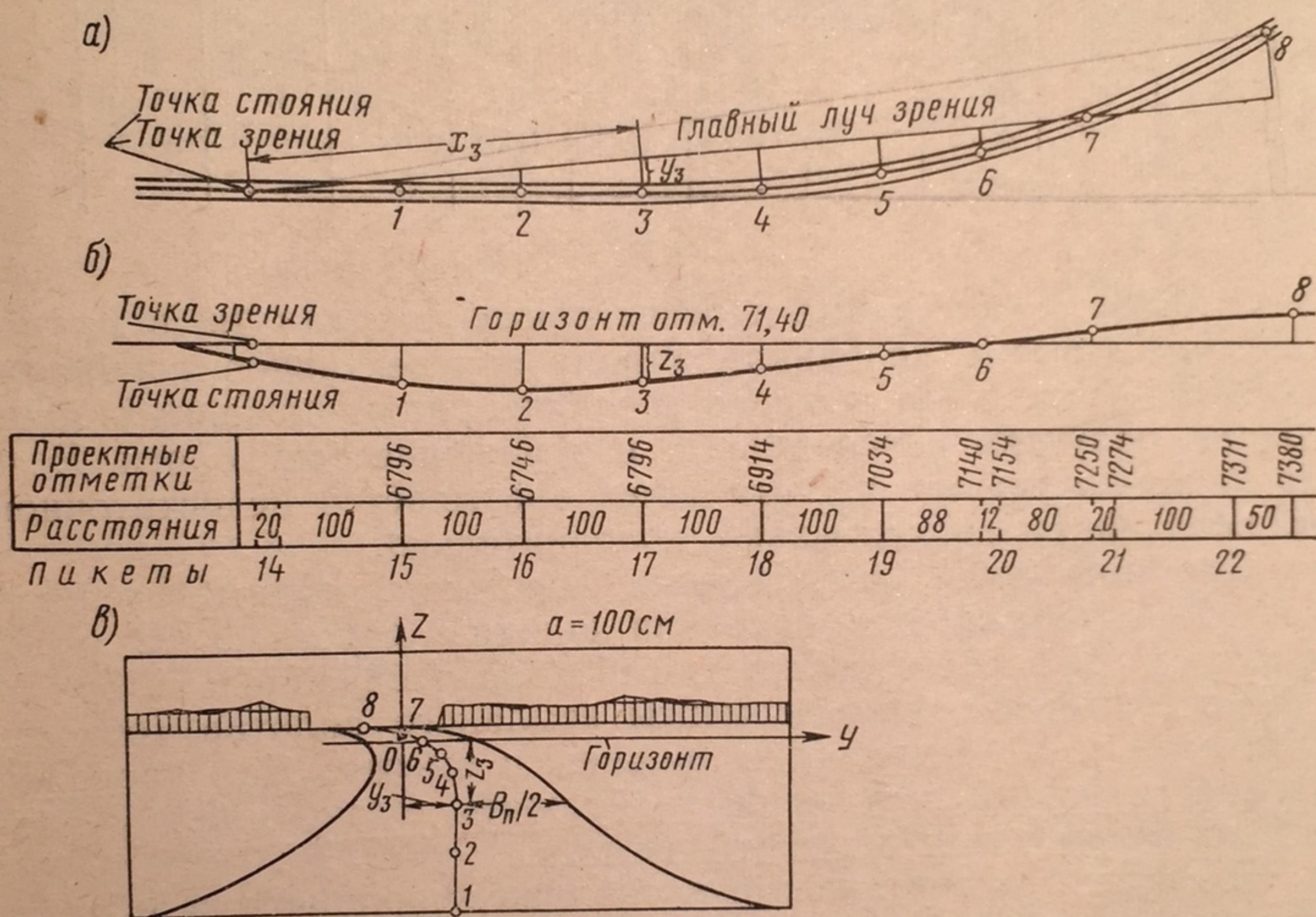


Рис. 87. Построение перспективного изображения

Чтобы избежать сильного искажения, дорога на переднем плане на расстоянии 60—200 м в зависимости от ширины дороги на изображении не показывается.

Расчет перспективных координат проводится в табличной форме (табл. 5). Действительные координаты в таблице вводятся в метрах. Чтобы координаты точек изображений получить в сантиметрах, дальность плоскости изображения  $a=1$  м выражают в сантиметрах.

Величины  $100/x$  определяются по таблицам обратных чисел. В табл. 5 перед координатами ставятся знаки + или —. Обычно принимается: вправо от оси  $X$  в плане  $+y$ ; влево от оси  $X$  в плане  $-y$ ; над горизонтом в профиле  $+z$ ; под горизонтом в профиле  $-z$ .



Точка стояния пк 13+80  
Высотная отметка горизонта 71.40 м

№ точек	Точки		x	y	Отметки		B, м	$\frac{100}{x}$	y <sub>п</sub>	z <sub>п</sub>	B <sub>п</sub> /2
	пк	+			H <sub>пр</sub>	z					
1	15	00	120	+0,98	67,96	-3,44	12,0	0,833	+0,82	-2,87	5,00
2	16	00	219	+1,85	67,46	-3,94	12,0	0,457	+0,85	-1,80	2,75
3	17	00	319	+2,76	67,96	-3,44	12,0	0,313	+0,86	-1,08	1,90
4	18	00	418	+3,40	69,14	-2,26	12,0	0,239	+0,81	-0,54	1,35
5	19	00	518	+3,18	70,34	-1,06	12,0	0,193	+0,61	-0,20	1,15
6	19	88	606	+1,74	71,40	0	12,0	0,165	+0,29	0	1,00
7	20	80	697	0	72,50	+1,10	12,0	0,143	0	+0,16	0,85
8	22	50	867	-5,82	73,80	+2,40	12,0	0,115	-0,67	+0,67	0,70

Отлагая рассчитанные перспективные координаты в прямоугольной системе координат, строят перспективное изображение ZOY (рис. 87, в). Плавно соединяя ряд наложенных точек трассы, получают перспективное изображение оси дороги. Если на каком-то участке частота точек оказывается недостаточной, то координаты подсчитывают дополнительно.

Для построения изображения дорожного полотна в перспективе откладывается половина ширины дороги  $B_{п}/2$  и покрытия  $b_{п}/2$  в обе стороны от оси дороги параллельно оси Y. Также строятся другие элементы земляного полотна (откосы, кюветы и т. д.) с учетом их ширины и высоты. Для проверки плавности дороги достаточно изображать только ширину земляного полотна или проезжей части.

Пользуясь рассчитанными в таблице координатами и величинами, можно вычертить перспективное изображение для расстояния плоскости изображения от глаза наблюдателя 100 см. Перспективное изображение, соответствующее расстоянию плоскости изображения — 50 см, получают, разделив все подсчитанные перспективные координаты и величины на 2 или пользуясь масштабной линейкой 1:2.

На перспективном изображении отмечают данные о расположении точки зрения (пк точки стояния, отметка горизонта, расстояние TC от оси дороги). Для удобства оптического анализа на перспективном изображении дороги отмечаются пикеты и главные пункты трассы (НК, КК и т. д.).

Для точного оптического анализа координаты необходимо подсчитать аналитически. Для этого главный луч зрения стремятся принимать соответственно по одной из схем, приведенных, на рис. 88. Прямые участки в плане и профиле определяются только их начальной и конечной точками. Координаты в

пределах по  
угольных ко  
при прав  
при лев

Ширина  
жет быть  
лены также  
тем сумми  
соответству  
Плавно  
ряется в  
рядке:

оценива  
шения пря  
(не выгля  
ление из  
расстояния  
как перел  
достаточно  
1,5-кратно  
го расстоя  
поверхнос  
оценив  
нальность  
имеются  
деформац  
ления);

оценив  
ния смеж  
нирует ли  
Корре  
ся от ру  
оптически  
тур оси  
главного  
или отно  
Испра  
ного луч

Для п  
изображе  
ческим из  
вых масш  
ляного по  
снимком



пределах поворотов подсчитывают, используя таблицы прямоугольных координат кривых.

при правом повороте  $x = T + x_s$ ;  $y = -1,5 + y_s$ ; (37)

при левом повороте  $x = T + x_s$ ;  $y = -1,5 - y_s$ .

Ширина земляного полотна и проезжей части  $B/2$  и  $b/2$  может быть принята по табл. 6. По таблице могут быть определены также другие перспективные координаты и величины путем суммирования данных. Например, при  $x = 400$  м,  $y = 5,70$  м соответствующий  $y_n = 1,250 + 0,175 = 1,425$  см.

Плавность дороги по перспективному изображению проверяется в следующем порядке:

оцениваются соотношения прямых и кривых (не выглядит ли закругление из наибольшего расстояния ее видимости как перелом; является ли достаточно пологим из 1,5-кратного нормативного расстояния видимости поверхности дороги);

оценивается рациональность кривых (не имеются ли оптические деформации в виде просадок, волнистости, обратного искривления);

оценивается постепенность переходов на участках сопряжения смежных элементов (начинается ли кривая плавно, гармонирует ли форма смежных элементов трассы).

Корректирование перспективных изображений производится от руки или лекалом так, чтобы устранить неплавные или оптически деформированные участки дороги. Величины корректур оси и кромок дороги могут быть определены относительно главного луча зрения и точки стояния как начала координат или относительно исправляемой линии.

Исправленные координаты оси дороги относительно главного луча зрения определяются по зависимостям:

$$y = y_n x; \quad z = z_n x. \quad (38)$$

Для проверки увязки дороги с ландшафтом перспективное изображение дороги необходимо совместить с перспекто-графическим изображением или фотоснимком ландшафта в одинаковых масштабах. Для увязки перспективного изображения земляного полотна с перспекто-графическим рисунком или фотоснимком должны быть примерены к трассе и внесены на пер-

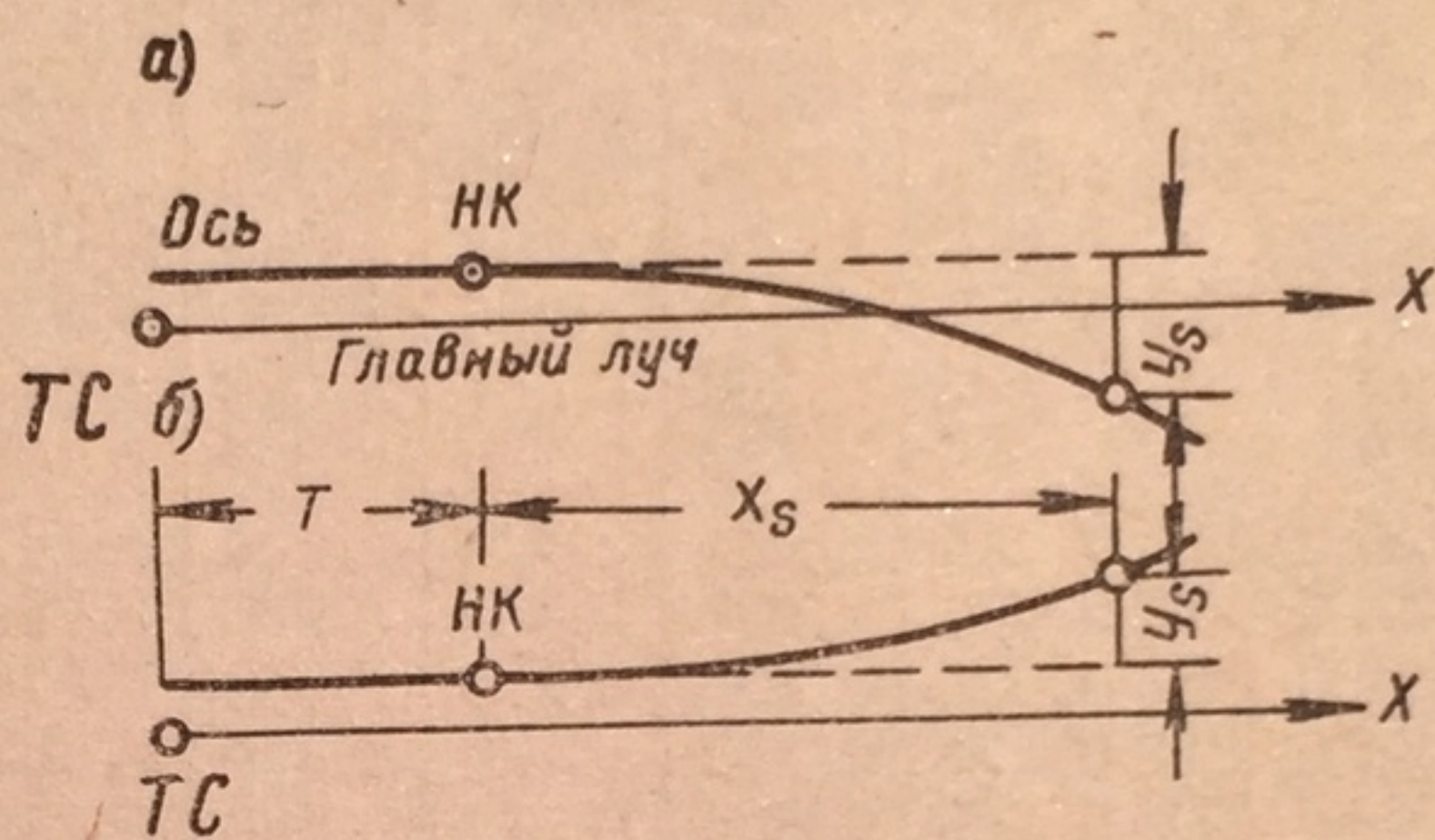


Рис. 88. Схемы для аналитического определения координат:

а — для правого поворота; б — для левого поворота



Таблица 6

Абсциссы $x, м$	Действительные координаты или величины $y, z, B/2$										
	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	3,50
	Перспективные координаты $y_{\Pi}, z_{\Pi}, B_{\Pi}/2, см$										
110	0,909	1,818	2,727	3,636	4,545	5,455	6,364	7,273	8,182	9,091	3,181
120	0,833	1,667	2,500	3,333	4,167	5,000	5,833	6,667	7,500	8,333	2,917
130	0,769	1,538	2,308	3,077	3,846	4,615	5,385	6,154	6,923	7,692	2,693
140	0,714	1,428	2,142	2,856	3,571	4,286	5,001	5,715	6,429	7,143	2,499
150	0,667	1,333	2,000	2,667	3,333	4,000	4,667	5,333	6,000	6,667	2,333
160	0,625	1,250	1,875	2,500	3,125	3,750	4,375	5,000	5,625	6,250	2,188
170	0,588	1,176	1,765	2,353	2,941	3,529	4,118	4,706	5,294	5,882	2,059
180	0,555	1,110	1,666	2,222	2,777	3,333	3,888	4,446	5,001	5,556	1,944
190	0,526	1,053	1,579	2,105	2,632	3,158	3,684	4,211	4,737	5,263	1,841
200	0,500	1,000	1,500	2,000	2,500	3,000	3,500	4,000	4,500	5,000	1,750
220	0,455	0,909	1,364	1,798	2,233	2,667	3,102	3,536	4,071	4,545	1,587
240	0,417	0,833	1,250	1,667	2,083	2,500	2,917	3,333	3,750	4,167	1,458
260	0,385	0,769	1,154	1,539	1,924	2,308	2,692	3,076	3,461	3,846	1,346
280	0,357	0,714	1,071	1,428	1,785	2,142	2,499	2,856	3,214	3,571	1,250
300	0,333	0,667	1,000	1,333	1,666	1,999	2,333	2,667	3,000	3,333	1,166
320	0,313	0,625	0,938	1,251	1,564	1,876	2,188	2,499	2,812	3,125	1,094
340	0,294	0,588	0,882	1,176	1,470	1,764	2,058	2,352	2,647	2,941	1,029
360	0,278	0,556	0,834	1,112	1,390	1,668	1,946	2,213	2,591	2,778	0,973
380	0,263	0,526	0,789	1,052	1,315	1,578	1,841	2,105	2,369	2,632	0,921
400	0,250	0,500	0,750	1,000	1,250	1,500	1,750	2,000	2,250	2,500	0,875
450	0,222	0,444	0,666	0,888	1,111	1,333	1,555	1,777	2,000	2,222	0,777
500	0,200	0,400	0,600	0,800	1,000	1,200	1,400	1,600	1,800	2,000	0,700
550	0,180	0,363	0,543	0,726	0,911	1,093	1,275	1,457	1,639	1,822	0,634
600	0,167	0,333	0,500	0,667	0,833	1,000	1,167	1,333	1,500	1,667	0,583
650	0,154	0,308	0,462	0,615	0,769	0,923	1,077	1,231	1,385	1,539	0,539
700	0,143	0,286	0,429	0,571	0,714	0,857	1,000	1,143	1,286	1,429	0,500
750	0,133	0,267	0,400	0,533	0,667	0,800	0,933	1,067	1,200	1,333	0,467
800	0,125	0,250	0,375	0,500	0,625	0,750	0,875	1,000	1,125	1,250	0,437
900	0,111	0,222	0,333	0,444	0,555	0,666	0,777	0,888	1,000	1,111	0,388
1000	0,100	0,200	0,300	0,400	0,500	0,600	0,700	0,800	0,900	1,000	0,350

спективное изображение не менее чем два хорошо различимых предмета. После совмещения перспективы и снимка ландшафта проводится окончательная перерисовка или повторная фото-съемка комбинированного изображения.



## ЛИТЕРАТУРА

1. Бабков В. Ф., Сокольский Н. Г., Алексеев А. П. Новости дорожной техники. Дориздат, 1947.
2. Бабков В. Ф., Замахаяев М. С. Автомобильные дороги, части I и II. Автотрансиздат, 1960.
3. Бабков В. Ф. Современные автомагистрали. Автотрансиздат, 1961.
4. Бабков В. Ф. Сочетание автомобильных дорог с ландшафтом. Изд-во «Высшая школа», 1964.
5. Бабков В. Ф. Дорожные условия и безопасность движения. Изд-во «Транспорт», 1964.
6. Бабков В. Ф., Николаевский Г. К. К вопросу о рациональном проектировании автомобильных дорог. Журнал «Техническая эстетика», 1965, № 8.
7. Бегма И. В., Томаревская Е. С. Проектирование автомобильной дороги с учетом зрительного восприятия. Автотрансиздат, 1963.
8. Белозерский Б., Савин А. Пригородная магистраль и ландшафт. Журнал «Архитектура СССР», 1965, № 8.
9. Бена Е., Госковец И., Штикар И. Психология и физиология шофера. Изд-во «Транспорт», 1965.
10. Бируля А. К. Проектирование автомобильных дорог, ч. II. Автотрансиздат, 1962.
11. Гос М., Веселы В. Трассирование дорог с учетом ландшафта. Автотрансиздат, 1961.
12. Дзенис П. Я. Пространственное проектирование дорог. Журнал «Автомобильные дороги», 1966, № 4.
13. Замахаяев М. С. Переходные кривые на автомобильных дорогах. Изд-во «Транспорт», 1965.
14. Общие правила производства изысканий автомобильных дорог. Союздорпроект. Дориздат, 1950.
15. Общие рекомендации по озеленению автомобильных дорог. Изд. НТО городского хозяйства и автотранспорта ЛССР. Латдоравтопроект, Рига, 1961.
16. Орнатский Н. П. Оценка архитектурных сочетаний плана и продольного профиля автомобильных дорог. Проектирование автомобильных дорог. Сборник трудов КАДИ, вып. 9. Изд. Киевского университета, 1962.
17. Рейнфельд В. Р. Дорога и ландшафт. Ландшафтная архитектура. Сборник статей. Союз Архитекторов ССР. Гос. издат. литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам, 1963.
18. Томаревская Е. С. К вопросу о геометрии линий и поверхностей дорожного полотна. Сборник научных статей. Вып. 2. Харьковский автомобильно-дорожный институт. Изд. ХГУ, 1961.
19. Трескинский С. А. Дорога с точки зрения технической эстетики. Журнал «Техническая эстетика», 1965, № 8.
20. Фукс Е. Проектирование автомобильных дорог. Автотрансиздат, 1959.



21. Четверухин Н. Ф., Левицкий В. С. и др. Курс начертательной геометрии. Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1956.

✓ 22. Bachmann G. Optische Analyse im Strassenbau — Strasse und Verkehr, 1961, № 1.

✓ 23. Crowe S. The Landscape of Roads. Architectural Press, London, 1960.

24. Entwurf der Richtlinien für die Anlage von Landstraßen (RAL) — Straße und Autobahn, 1959, № 12.

25. Freising F. Wird ein neues Linienelement beim Trassieren erforderlich? Straße und Autobahn, 1957, № 9.

26. Godin P. Avant projets d, autoroutes et tendances actuelles en matiere de trace autoroutier — Revue generale des routes et des aerodromes, 1963, № 1

27. Krenz A., Osterloh H. Klothoiden — Taschenbuch für Entwurf und Absteckung. VEB Verlag Technik, Berlin, 1959.

28. Linienführung und Querschnittsgestaltung von Autobahnen. DDR — Standard, 1961, Straßenwesen.

29. Loreuz H. Perspektivische Darstellungen von projektierten Straßen und anderen Bauwerken — Straße und Verkehr, 1950, N 9.

30. Lorenz H. Moderne Trassierung von Straßen und Autobahn Straßen und Tiefbau, 1957, № 6.

✓ 31. Neumann N. Neuzeitlicher Straßenbau, Berlin, 1959.

✓ 32. Problemes d, esthetique routiere, XII congress mondial. Rome, 1964.

✓ 33. Ranke V., Niebler H. Perspektive im Ingenieurbau insbesondere im Straßenbau. Bauverlag G. m. b. H. Wiesbaden—Berlin, 1956.

34. Richtlinien für Straßenbepflanzung. Köln, 1960.

---



## ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие . . . . .	3
<b>Глава 1. Трасса дороги . . . . .</b>	<b>5</b>
§ 1. Типичные сочетания элементов плана и профиля . . . . .	5
§ 2. Элементы трассы . . . . .	11
<b>Глава 2. Пространственное проектирование трассы дороги . . . . .</b>	<b>16</b>
§ 3. Основные требования к трассе автомобильных дорог . . . . .	16
§ 4. Соотношения элементов трассы . . . . .	17
§ 5. Сопряжение смежных элементов трассы . . . . .	20
§ 6. Сочетание элементов плана и профиля трассы . . . . .	25
§ 7. Улучшение несовершенных сочетаний кривых плана и профиля . . . . .	38
§ 8. Применение переходных кривых . . . . .	42
§ 9. Проектирование отгонов виражей с учетом оптической плавности . . . . .	44
<b>Глава 3. Дорога и ландшафт . . . . .</b>	<b>51</b>
§ 10. Вписывание дороги в ландшафт . . . . .	51
§ 11. Увязка земляного полотна с рельефом . . . . .	58
§ 12. Архитектурное формирование дорожной полосы . . . . .	61
<b>Глава 4. Проектирование благоустройства дороги . . . . .</b>	<b>65</b>
§ 13. Пересечения и примыкания . . . . .	65
§ 14. Автобусные остановки и автопавильоны . . . . .	69
§ 15. Места отдыха . . . . .	76
§ 16. Дорожные устройства . . . . .	80
§ 17. Дорожные насаждения . . . . .	83
<b>Глава 5. Методика пространственного проектирования . . . . .</b>	<b>92</b>
§ 18. Методика изыскательских и проектных работ . . . . .	92
§ 19. Методы оптического анализа проектных решений . . . . .	101
§ 20. Построение перспективных изображений дороги . . . . .	103
Литература . . . . .	109



Петр Яковлевич Дзенис,  
Велта Рудольфовна Рейнфельд

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ  
АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Редактор Л. Н. Пустовалова  
Технический редактор Р. А. Горячкина  
Корректор С. Н. Мясникова

---

Сдано в набор 24/X—1967 г. Подп. в печать 26/II—1968 г.  
Бумага 60×90 <sup>1</sup>/<sub>16</sub> № 2 Печ. л. 7. Уч.-изд. л. 6,67  
Т—02683 Тираж 8000 экз. Цена 33 коп.  
Заказ 3328 Изд. № 1-3-1/15 № 595

---

Издательство «Транспорт», Москва, Б-174,  
Басманный туп., 6а

Московская типография № 19 Главполиграфпрома  
Комитета по печати при Совете Министров СССР,  
наб. Мориса Тореза, 34



НИЕ

а

I—1968 г.  
д. л. 6,67  
а 33 коп.  
5 № 595

74,

прома  
СССР,



Цена 33 коп.

